



Rui Carlos Ferreira  
Martins Pereira

Impacto de diferentes tipologias de massagem e  
maturação em dois produtos de charcutaria





Rui Carlos Ferreira  
Martins Pereira

Impacto de diferentes tipologias de massagem e  
maturação em dois produtos de charcutaria

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia ramo Alimentar, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ivonne Delgadillo Giraldo, Professora Associada com Agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e supervisão da Dra. Ana Regina Pereira, Coordenadora de I&D na Primor – Charcutaria Prima, S.A.



o júri

presidente

Prof. Doutor Manuel António Coimbra Rodrigues da Silva  
professor associado com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Vogal  
(arguente principal)

Prof. Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva  
investigador auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Vogal  
(orientador)

Prof. Doutora Ivonne Delgadillo Giraldo  
professora associada com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro



## agradecimentos

Agradecimentos... Aquele *cliché* inevitável.

O sucesso deste projeto, e enfático sucesso por ter sido o maior desafio da minha vida académica até ao momento, deveu-se a uma contribuição mais ou menos direta de cada um de vós.

À *Primor - Charcutaria Prima S.A.*, e em particular à Dra. Fátima Carvalho pela oportunidade única de desenvolver este projeto em ambiente empresarial, por me ter acolhido de forma tão afável na equipa e por ter acreditado em mim.

À Regina Pereira por todos os conhecimentos que me transmitiu, pela confiança que depositou em mim desde muito cedo e por me ter apoiado tanto quanto podia. Por ser uma inspiração!

À Professora Ivonne Delgadillo por ter fomentado o interesse em carnes e pela orientação nesta etapa.

Às pupilas (como eu), Filipa e Inês, pela paciência, por tudo o que me ensinaram e principalmente pelo espírito de entreajuda.

Ao Philippe, principalmente pelos primeiros tempos desta etapa e ao restante Departamento Técnico e Organização pela troca de ideias e experiências.

Às *manas*, Andreia e Rita. Pelos bons momentos que passámos, pelas peripécias mais caricatas, pelo suporte e pela amizade que construímos ao longo dos últimos cinco anos. À Joana e ao Rui pelas nossas viagens diárias. À Sara, por estar sempre presente.

À Margarida, Jéssica, Diana, Mimoso, Trigo e Rita, por serem os principais culpados da saudade que hoje sinto da minha passagem por Aveiro. Por me terem inserido tão bem no grupo e por todas as recordações que juntos criámos.

À Sofia, por ser uma presença constante na minha vida e por me apoiar continuamente.

E por último, mas não menos importante, à minha família. Pelos diálogos, por me apoiarem incondicionalmente, pela estabilidade que me proporcionam. Aos meus pais, pelos valores que me transmitiram. À Joana e ao Francisco, por me acompanharem diariamente. À Ni, *minha maninha mais velha*, pela nossa cumplicidade. À minha afilhada, desejo que encontre a força necessária para concretizar os objetivos que ainda irá traçar.

***Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós.***

***Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.***

Saint-Exupéry, Antoine (1943)





## palavras-chave

Massagem, maturação, fiambre da perna extra, bacon, charcutaria, quebras de fatiamento.

## resumo

A exigência crescente do consumidor e a necessidade de as empresas se tornarem cada vez mais competitivas leva a que estas se adaptem e evoluam com produtos adaptados e de elevada qualidade. Esta adaptação passa, não só pelo desenvolvimento de novos produtos, mas também pela melhoria dos já existentes, tanto a nível da formulação, como do ajuste do processo.

Assim, este projeto surge na necessidade da otimização do processo produtivo de dois produtos, nomeadamente o fiambre da perna extra e o bacon sem couro moldado, com especial enfoque na etapa de massagem e maturação.

Deste modo, os principais objetivos deste projeto consistem na avaliação do impacto de diferentes tipologias de massagem e maturação em dois produtos de charcutaria, com o intuito de se obter produtos de elevada qualidade e de se tirar o máximo partido dos equipamentos que a empresa possui atualmente. Para tal, numa primeira fase realizaram-se acompanhamentos da produção em vigor, para compreender o processo produtivo associado e a interação entre as diferentes etapas, e para fazer um levantamento dos massajadores elegíveis para o estudo.

Realizaram-se estudos à escala industrial para ambos os produtos, sendo que no fiambre da perna extra se avaliou o impacto da ocupação do massajador e do tempo total de massagem e no bacon sem couro moldado o impacto da ocupação do massajador e a existência de palas.

A avaliação realizou-se pelo apuramento de quebras no fatiamento e pela exposição dos produtos em condições de temperatura e luminosidade semelhante aos postos de venda. No fiambre da perna extra, verificou-se que a massagem decorrida com ocupação maior (93%) e com o tempo total em vigor (especificado internamente) resultou num produto com melhor coesão, com menor quebra de fatiamento, e que exsudou menos quando exposto em linear.

No caso do bacon, a massagem com maior ocupação (85%) e sem palas resultou nos melhores resultados de quebras de fatiamento, com fatias raramente desligadas. Contudo, em nenhum dos estudos o bacon exsudou ou apresentou zonas de oxidação.

O projeto mostrou oportunidade de melhoria para o fiambre da perna extra, uma vez que os valores de quebras ainda se encontram acima dos aceitáveis para a rentabilidade da empresa, apesar de se terem encontrado tipologias de massagem mais eficientes para ambos os produtos.



## keywords

Massage, maturation, extra leg cooked ham, smoked bacon, cold meats, slicing performance.

## abstract

The increasing demand of the consumer and the need for companies to become more and more competitive leads to an adaptation and evolution with high quality, tailor-made products. This adaptation is made either by development of new products but also by the improvement of existing ones, both in terms of formulation and adjustment of the process.

Thus, this project arises from the need to optimize the production process of two products, namely the extra leg cooked ham and the smoked bacon, with special focus on the massage and maturation stage.

Therefore, the main aims of this project consist in the evaluation of the impact of different types of massage and maturation in two cold meat products, with the purpose of obtaining high quality products and taking the maximal potentiality of the indoor equipments.

To achieve this, in the first place, current productions were accompanied to understand the production process and the interaction between the different phases, and to select the eligible massagers for the study.

Industrial scale studies were carried out for both products. The impact of the occupation of the massager and the total massage time was evaluated in the extra leg cooked ham and the impact of the occupation of the massager and the existence of baffles in the smoked bacon.

The evaluation was made by the verification of slicing performance and by the exposure of the products in conditions of temperature and luminosity like those of retailers. For the extra leg cooked ham, it was verified that the massage with the highest occupation (93%) and with the total time that is currently used resulted in a product with better cohesion that exuded less when exposed. Massage with higher occupation (85%) and without baffles led to the best performance of bacon when sliced, with a low percentage of disintegrated slices. Moreover, none of the studies of the bacon produced exuded or exhibit oxidation zones.

This project showed room for improvement to the extra leg cooked ham, since slicing yield values are still above those acceptable for company profitability, although more efficient massage typologies have been found for both products.



***Live as if you were to die tomorrow.  
Learn as if you were to live forever.*** |  
– Mahatma Gandhi



## Conteúdo

Índice de Figuras .....	III
Índice de Tabelas.....	V
Lista de Abreviaturas .....	VI
1. Contextualização .....	1
2. A Empresa: <i>Primor – Charcutaria Prima S.A.</i> .....	2
3. Atividades desenvolvidas.....	3
4. Revisão Bibliográfica .....	4
4.1 Estrutura do músculo .....	4
4.2 Constituição do músculo .....	6
4.3 Contração muscular.....	8
4.4 Conversão do músculo em carne.....	9
4.4.1 <i>Post mortem</i> .....	9
4.4.2 Maturação da carne .....	11
4.4.3 Padrões de metabolismo <i>post mortem</i> indesejados na indústria alimentar .....	14
4.5 Produtos de Charcutaria .....	15
4.5.1 Ingredientes e aditivos.....	16
4.5.2 Processo de fabrico de produtos cárneos.....	24
5. Estrutura do Projeto .....	37
<b>Estudo I – Fiambre da Perna Extra</b> .....	38
6. Fluxograma do processo produtivo do Fiambre da Perna Extra .....	38
7. Acompanhamento da produção em vigor .....	39
8. Materiais e Métodos .....	40
8.1. Caracterização da matéria-prima .....	40
8.2. Ensaio I - Efeito da ocupação do massajador .....	40
8.2.1 Acompanhamento de processo .....	41
8.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras .....	43
8.2.3 Análise de exposição em linear .....	43
8.3 Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem.....	43
8.3.1 Acompanhamento de processo .....	44
8.3.2 Enformagem, tratamento térmico e fatiamento e análise em escala piloto .....	44
8.3.3 Fatiamento e apuramento de quebras em escala industrial .....	45

8.4 Tratamento estatístico.....	45
9. Resultados e Discussão .....	46
9.1 Caracterização da matéria-prima .....	46
9.2 Ensaio I - Efeito da ocupação do massajador .....	46
9.2.1 Acompanhamento de processo .....	46
9.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras .....	48
9.2.3 Análise de exposição em linear .....	50
9.3 Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem.....	53
9.3.1 Acompanhamento de processo .....	53
9.3.2 Análise em escala piloto .....	53
9.3.3 Fatiamento e apuramento de quebras em escala industrial .....	59
<b>Estudo II – Bacon sem couro moldado .....</b>	<b>60</b>
10. Fluxograma do processo produtivo do Bacon sem couro moldado.....	60
11. Acompanhamento da produção em vigor.....	61
12. Materiais e Métodos .....	62
12.1 Caracterização da matéria-prima .....	62
12.2 Ensaio I e II - Efeito da ocupação do massajador e da existência de palas.....	62
12.2.1 Acompanhamento de processo.....	63
12.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras .....	65
12.2.3 Análise de exposição em linear.....	66
13. Resultados e Discussão.....	67
13.1 Caracterização da matéria-prima .....	67
13.2 Ensaio I e II - Efeito da ocupação do massajador e da existência de palas.....	67
13.2.1 Acompanhamento de processo.....	67
13.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras .....	68
13.2.3 Análise de exposição em linear.....	72
13.2.4 Especificação para produção .....	72
14. Conclusão .....	73
15. Perspetivas futuras .....	74
16. Bibliografia .....	76
17. Anexos .....	78



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Estrutura do músculo esquelético (adaptado de Stanfield, C. L., 5ª edição, 2013 [3]).	5
<b>Figura 2</b> Estrutura do sarcômero nas miofibrilas (adaptado de Stanfield, C. L., 4ª edição, 2013 [3]).	5
<b>Figura 3</b> Ciclo de formação e dissolução do complexo actomiosina no músculo (adaptado de Stanfield, C. L., 5ª edição, 2013 [3]).	9
<b>Figura 4</b> Principais alterações que ocorrem durante a conversão do músculo em carne (adaptado de Nollet, L.M., 2ª edição, 2012 [5]).	11
<b>Figura 5</b> Fenômenos de proteólise que ocorrem durante a maturação e processamento de carne e de produtos cárneos (adaptado de Nollet, L. M., 2ª edição, 2012 [5]).	13
<b>Figura 6</b> Fenômenos de lipólise que ocorrem durante a maturação e processamento de carne e de produtos cárneos (adaptado de adaptado de Nollet, L. M., 2ª edição, 2012 [5]).	14
<b>Figura 7</b> Representação gráfica dos equipamentos de (A) massagem de queda ou <i>tumbling</i> (B) massagem por fricção. Fonte: Knipe, C. L., 2004 [31].	28
<b>Figura 8</b> Fluxograma do processo produtivo do fiambre da perna extra, contendo os equipamentos necessários.	38
<b>Figura 9</b> Fatias de fiambre da perna extra consideradas como quebra por desligado/PSE.	39
<b>Figura 10</b> Grau de nitrificação no interior das peças cárneas massajadas com ocupação do massajador <b>A</b> a 70% (mais rosada) <b>B</b> a 93% (mais avermelhada).	47
<b>Figura 11</b> Valores de atividade da água ( $a_w$ ) apurados das porções interiores das peças cárneas massajadas em ocupação de 70% (verde) e 93% (vermelho). No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respetivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os dados de $a_w$ determinados. * $P < 0,05$	48
<b>Figura 12</b> Exemplos de fatias <b>A</b> conformes, <b>B</b> desligadas devido a carne PSE e <b>C</b> com desligamento por desintegração dos músculos.	50
<b>Figura 13</b> Quebras de fatiamento por motivo do fiambre da perna extra (Desligado/PSE e outro) e quebra total para os dois ensaios de ocupação de 70% e de 93%, acompanhamentos iniciais da produção em vigor e limite máximo de quebra total aceitável.	50
<b>Figura 14</b> Exemplos de cuvetes de fiambre da perna extra <b>A</b> sem exsudado (dia 0), <b>B</b> com exsudado acumulado no fundo (35º dia - ensaio com ocupação de 70%) e <b>C</b> com exsudado acumulado no fundo (35º dia - ensaio com ocupação de 70%).	51
<b>Figura 15</b> Quantidade de exsudado acumulado ao longo do tempo de vida útil no fundo da cuvette referente aos ensaios com ocupação de 70% (verde) e 93% (vermelho). As barras superior e inferior representam o desvio padrão.	51
<b>Figura 16</b> Quantidade de exsudado acumulado no 35º dia de exposição em linear no fundo da cuvette referente aos ensaios com ocupação de 70% (verde) e 93% (vermelho). No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respetivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os valores de massa de exsudado determinados.	52
<b>Figura 17</b> Grau de nitrificação no interior das peças cárneas com tempo de massagem total de <b>A</b> $t = -2h$ , <b>B</b> $t = -1h$ e <b>C</b> $t = h$ em vigor.	54

<b>Figura 18</b> Valores de atividade da água ( $a_w$ ) apurados das porções interiores das peças cárneas com tempo de massagem total de $t = -2h$ , $t = -1h$ e $t = h$ em vigor. No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respectivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os dados de $a_w$ determinados. ....	55
<b>Figura 19</b> Aspeto final dos fiambres à escala piloto com tempo de massagem total de <b>A</b> $t = -2h$ , <b>B</b> $t = -1h$ e <b>C</b> $t = h$ em vigor. ....	56
<b>Figura 20</b> Aspeto final dos fiambres à escala piloto com tempo de massagem total de <b>A</b> $t = -2h$ , <b>B</b> $t = -1h$ e <b>C</b> $t = h$ em vigor quando fatiados. ....	56
<b>Figura 21</b> Valores de atividade da água ( $a_w$ ) apurados dos fiambres à escala piloto com tempo de massagem total de $t = -2h$ , $t = -1h$ e $t = h$ em vigor. No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respectivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os dados de $a_w$ determinados. ....	57
<b>Figura 22</b> Resultados da análise sensorial realizada aos três fiambres com diferentes tempos totais de massagem. <b>A</b> Preferência da amostra para cada atributo e <b>B</b> Amostra menos apreciada para cada atributo. ....	58
<b>Figura 23</b> Fluxograma do processo produtivo do bacon sem couro moldado, contendo os equipamentos necessários. ....	60
<b>Figura 24</b> Fatias de bacon sem couro moldado não conformes, consideradas como quebra por desligado. ....	62
<b>Figura 25</b> Q uebras de fatiamento por motivo do bacon (Desligado e Outro) e Quebra total para os dois ensaios de ocupação de 55% e de 85%, ensaio do efeito da existência de palas, acompanhamentos iniciais da produção em vigor e limite máximo de quebra total aceitável definido pela empresa. ....	69
<b>Figura 26</b> Exemplos de fatias <b>A</b> conformes, <b>B</b> desligadas e <b>C</b> secas oriundas da parte inicial da barra de bacon. ....	69
<b>Figura 27</b> Exemplos de cuvetes de bacon <b>A</b> no dia de fatiamento e <b>B</b> no 45º dia de exposição em linear. Cuvetes do teste de ocupação de 85%. ....	72

## Índice de Tabelas

<b>Tabela I</b> Percentagem dos tipos de fibras nos músculos <i>longissimus</i> do suíno .....	4
<b>Tabela II</b> Composição aproximada do músculo <i>longissimus dorsi</i> de suíno.....	6
<b>Tabela III</b> Quebras de fatiamento do fiambre perna extra durante o período de acompanhamento da produção em vigor. ....	39
<b>Tabela IV</b> Composição dos músculos constituintes da perna de suíno.....	46
<b>Tabela V</b> Compilação dos dados resultantes da monitorização dos seis acompanhamentos de processo do Ensaio I - Efeito da ocupação do massagador. ....	49
<b>Tabela VI</b> Compilação dos dados de fatiamento e apuramento das respetivas quebras do Ensaio I - Efeito da ocupação do massagador.....	49
<b>Tabela VII</b> Compilação dos dados resultantes da monitorização do acompanhamento de processo do Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem.....	55
<b>Tabela VIII</b> Valores determinados de $a_w$ e humidade para os fiambres com diferentes horas de massagem .....	57
<b>Tabela IX</b> Diferenças no teor em humidade dos fiambres com diferenças horas de massagem .....	57
<b>Tabela X</b> Compilação dos dados de fatiamento e apuramento das respetivas quebras do ensaio industrial $t = h$ em vigor do Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem.....	59
<b>Tabela XI</b> Quebras de fatiamento do fiambre perna extra durante o período de acompanhamento da produção em vigor. ....	61
<b>Tabela XII</b> Composição das entremeadas de suíno.....	67
<b>Tabela XIII</b> Compilação dos dados resultantes da monitorização dos nove acompanhamentos de processo do bacon do Ensaio I – Efeito da ocupação do massagador e Ensaio II – Efeito da existência de palas. ....	70
<b>Tabela XIV</b> Compilação dos dados de fatiamento e apuramento das respetivas quebras do Ensaio I e II de bacon. ....	71

## Lista de Abreviaturas

<b>ADP</b>	Adenosina difosfato
<b>AM</b>	Atmosfera modificada
<b>AMP</b>	Adenosina monofosfato
<b>ATP</b>	Adenosina trifosfato
<b>a<sub>w</sub></b>	Atividade da água
<b>DFD</b>	Dark Firm Dry (Escura Firme Seca)
<b>HR</b>	Humidade Relativa
<b>IFS</b>	International Featured Standard
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>NIR</b>	Espectroscopia de Infravermelho Próximo
<b>NP 588</b>	Carnes e Produtos Cárneos. Definição e Classificação
<b>NP 725</b>	Toucinho fumado. Definição, classificação e características
<b>NP 4393</b>	Fiambre. Definição e características
<b>PCC</b>	Ponto crítico de controlo
<b>PSE</b>	Pale Soft Exudative (Pálida Mole Exsudativa)

## 1. Contextualização

A mudança contínua do estilo de vida e a exigência cada vez maior do consumidor faz com que as empresas agroalimentares se vejam na necessidade de evoluir e dar resposta com produtos e processos adaptados ao tempo. O dia-a-dia flui a um ritmo bastante acelerado, fazendo com que o consumidor procure produtos práticos e convenientes e simultaneamente com fortes componentes organoléticas, saudáveis e nutricionais. Os produtos cárneos de charcutaria, principalmente os fatiados, inserem-se totalmente nesta tipologia de produto.

O conhecimento profundo da estrutura e composição dos músculos e dos fenómenos bioquímicos que neles ocorrem é essencial para o uso do músculo como carne. Essa mesma carne é a matéria-prima por excelência dos produtos cárneos de charcutaria, sendo processada numa série de etapas mais ou menos complexas até se obter um produto final com determinadas características. Essas etapas encontram-se altamente interligadas e dependentes umas das outras, pelo que o processo de fabrico destes produtos deve ser visto como um todo. Assim, é crucial conhecer todas as etapas e compreender as respetivas funções de modo a ser possível avaliar o impacto de uma delas, nomeadamente da massagem e da maturação, que é o foco deste trabalho.

Este projeto surge pela necessidade de a *Primor – Charcutaria Prima* explorar ao máximo a potencialidade dos equipamentos que possui com a ambição de produzir produtos de elevada qualidade e rentabilidade, adaptados às necessidades do consumidor. Com base na tipologia de massagem e maturação mais adequada para produtos cuja fórmula já se encontra bem conseguida, a empresa conseguirá melhorar o desempenho desses mesmos produtos, diminuindo as perdas associadas e fabricando produtos com uma apresentação irrepreensível.

Assim, os principais objetivos deste projeto são:

- Conhecer o processo integral do fabrico de produtos cárneos de charcutaria;
- Avaliar o impacto de diferentes tipologias de massagem e maturação em dois produtos cárneos de charcutaria;
- Estabelecer possíveis relações causa-efeito entre variáveis e parâmetros associados à massagem, bem como as características e o comportamento do produto final;
- Analisar o desempenho do produto quando exposto a condições de luminosidade e temperatura idênticas às dos pontos de venda (comportamento durante o tempo de vida útil);
- Proceder à concretização da especificação para produção dos dois produtos de charcutaria, com base nos resultados obtidos.

## 2. A Empresa: *Primor – Charcutaria Prima S.A.*

A história da *Primor – Charcutaria Prima S.A.* é escrita há mais de 50 anos. Foi em 1961 que Joaquim Moreira Pinto e a sua esposa Ana Amélia fundaram a empresa local *Joaquim Moreira Pinto & Filhos, Lda.*, sediada em Vila Nova de Famalicão, e que rapidamente se tornou numa referência a nível nacional e internacional no setor agroalimentar.

Ao longo de três gerações, vários valores entre os quais a qualidade, ambição e prontidão na resposta a desafios foram a base desta empresa sustentada na tradição familiar no ramo da charcutaria. Todos estes objetivos conduziram à aquisição de empresas nos setores-chave da sua atividade: *General Ganadera Gallega* (unidade agropecuária), *Central Carnes* (abate de suíno) e *ICM Pork* (desmancha de suíno e comercialização), que juntamente com a *Primor – Charcutaria Prima*, constituem o *Grupo Primor*. Além disso, o *Grupo Primor* detém 50% da *Carnes Valinho S.A.*

A empresa encontra-se nos vários canais de distribuição nacional: distribuição tradicional, distribuição moderna (retalho) e canal profissional. Focado no mercado global, o *Grupo Primor* afirma-se além-fronteiras, apresentando valores de exportação consideráveis, estando presente em mais de trinta mercados, nomeadamente Brasil, Espanha, Polónia, PALOPs (Angola e Moçambique), Reino Unido e Japão.

Atualmente a empresa prima pela inovação, vanguarda tecnológica e qualidade, sendo reconhecida pelos demais prémios e certificações: Sistemas de Gestão de Qualidade (ISO 9001:2008), Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14001:2004), sendo ainda reconhecida pela IFS - *International Featured Standard*, o que reforça a sua competitividade no mercado global.



### 3. Atividades desenvolvidas

No decorrer deste estágio curricular em ambiente empresarial, tive oportunidade de desenvolver várias atividades inerentes ao Departamento Técnico. Estas revelaram-se altamente proveitosas para a aquisição e aprofundamento de conhecimentos relacionados com a minha formação de base em Biotecnologia Alimentar.

No primeiro mês tive oportunidade de realizar um plano de integração, através do qual fiquei a conhecer toda a organização e as restantes empresas do grupo, permitindo-me ter uma visão geral do processo e das interações entre os vários departamentos que constituem a *Primor - Charcutaria Prima*.

O contacto com a realidade da indústria e o estudo de variáveis ao processo nesta escala, principal atividade desenvolvida neste projeto, permitiram perceber não só as dificuldades, como também o quão estimulante pode ser a avaliação *in loco* dos conceitos teóricos subjacentes.

Por outro lado, tive a oportunidade de:

- Realizar inúmeras monitorizações de produção de vários produtos;
- Participar em *brainstormings* e no consequente desenvolvimento de novos produtos ou melhoria de produtos já existentes;
- Conhecer e validar matérias-primas e ingredientes novos e/ou alternativos;
- Elaborar e atualizar documentos relativos à área técnica, entre os quais especificações para produção;
- Participar em várias análises sensoriais, como provador, conhecendo os produtos a nível organolético, e como promotor, tratando os resultados obtidos.

O estágio permitiu-me desenvolver competências transversais, principalmente ao nível da resolução rápida de problemas, trabalho em equipa, comunicação clara e objetiva e relacionamento interpessoal, espírito de autonomia e responsabilidade, estabelecimento de prioridades e planeamento e concretização de objetivos.

## 4. Revisão Bibliográfica

### 4.1 Estrutura do músculo

Os músculos são tecidos compostos essencialmente por fibras contráteis organizadas em fascículos envolvidos por tecido conjuntivo [1]. O músculo fornece ao animal a capacidade de locomoção e movimento; contudo, esta função só é exercida devido à coordenação entre os músculos e as estruturas corporais de suporte como os ossos e tecido conjuntivo [2]. As propriedades do músculo são influenciadas pela sua estrutura e as alterações que nela possam ocorrer durante o período *post mortem* afetam a qualidade da carne.

Nos vertebrados, o sistema muscular é controlado pelo sistema nervoso. Através de potenciais de ação, o sistema nervoso induz contrações nos músculos que, por sua vez, geram uma força. Um neurónio enerva várias células musculares em simultâneo, portanto não é possível estimular a contração de uma célula sem estimular as restantes [3].

Os músculos apresentam diferenças a nível fisiológico e visual, consoante o tipo e a proporção das fibras que os constituem. Há vários tipos de classificações para os diferentes tipos de fibras. Relativamente à cor, as fibras podem ser classificadas como vermelhas, brancas ou intermédias. Do ponto de vista da velocidade da contração, as fibras podem ser designadas por Tipo I (fibras oxidativas de contração lenta), tipo IIA (fibras oxidativas de contração rápida) e tipo IIB (fibras glicolíticas de contração rápida) (Tabela I) [2]. As fibras tipo I são especializadas em atividades de resistência, as tipo II em atividades rápidas e as tipo IIB são utilizadas para atividades muito rápidas [1].

**Tabela I** Percentagem dos tipos de fibras nos músculos *longissimus* do suíno.

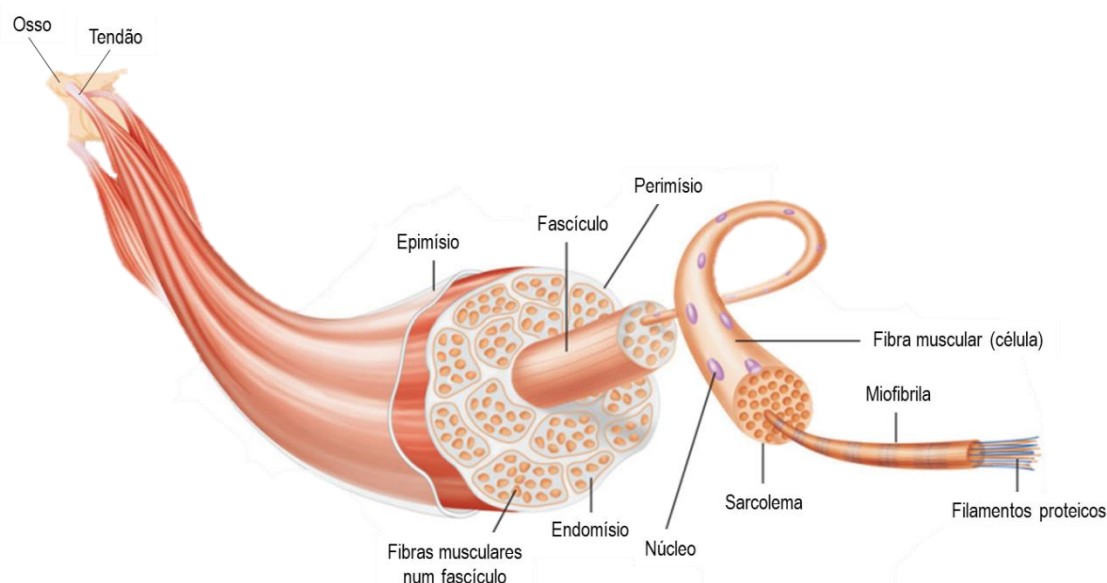
	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Suíno	11	12	77

Fonte: Taylor, R.G. (2004) [1]

O músculo (Fig. 1) é revestido por uma camada fina de tecido conjuntivo, o epimísio, que é um prolongamento do tecido conjuntivo do tendão. Cada músculo é dividido em vários feixes de fibras, designados por fascículos, que são envolvidos pelo perimísio, uma camada de tecido conjuntivo. Por sua vez, cada fascículo é constituído por centenas de fibras musculares que são envolvidas por uma camada de tecido conjuntivo, o endomísio. As fibras musculares são células multinucleadas e têm o comprimento total do músculo. Por baixo do endomísio encontra-se o sarcolema, que reveste o sarcoplasma, que por sua vez envolve as miofibrilas e as mitocôndrias. As miofibrilas, que contêm a maquinaria necessária para o fenómeno de contração, possuem filamentos finos e grossos compostos por proteínas de actina e miosina, respetivamente [3,4]. O sarcoplasma é composto por

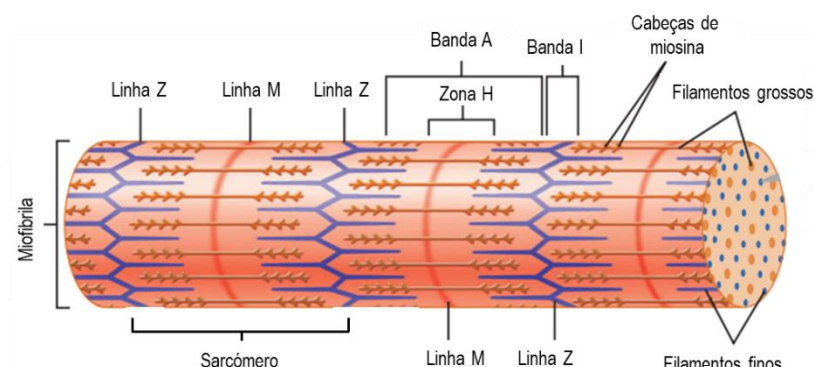


80% de água, sendo que os restantes 20% dizem respeito a proteínas, enzimas, lípidos, hidratos de carbono, sais inorgânicos e subprodutos do metabolismo [4].



**Figura 1** Estrutura do músculo esquelético (adaptado de Stanfield, C. L., 5ª edição, 2013 [3]).

Quando observado a microscópio, as células do músculo esquelético têm um aspeto listrado. Estas estrias são criadas pelo arranjo ordenado dos filamentos grossos e finos nas miofibrilas. As miofibrilas são compostas por sarcómeros, a unidade contrátil da célula muscular, que se repetem em toda a extensão da célula (Fig. 2). O sarcómero corresponde a todo o comprimento entre duas linhas Z. Os filamentos de actina estão ancorados por uma das extremidades nas linhas Z, o que permite a coesão entre sarcómeros consecutivos [5].



**Figura 2** Estrutura do sarcómero nas miofibrilas (adaptado de Stanfield, C. L., 4ª edição, 2013 [3]).

O conhecimento da estrutura e constituição do músculo, da forma como as fibras estão ligadas ao tecido conjuntivo e dos fenómenos *post mortem* que ocorrem nessas estruturas, permite supor a qualidade da carne e, por conseguinte, tirar o máximo partido a jusante.

## 4.2 Constituição do músculo

O músculo é constituído por água, proteínas, lípidos, hidratos de carbono, minerais e ácidos nucleicos. Contudo, a quantidade de cada constituinte é variável consoante a espécie, idade e tipo de alimentação [2]. Como indicado na Tabela II, a água constitui cerca de 75% do músculo, as proteínas 20% e os restantes 5% dizem respeito aos outros constituintes [6].

**Tabela II** Composição aproximada do músculo *longissimus dorsi* de suíno.

	Quantidade
Composição total†	
Humidade	74,5 ± 0,5
Proteínas	21,4 ± 2,1
Lípidos	2,7 ± 0,3
Hidratos de carbono	0,5 ± 0,1
Cinzas	0,9 ± 0,1
Proteínas†	
Miofibrilares	9,5 ± 0,8
Sarcoplasmáticas	9,1 ± 0,6
Tecido Conjuntivo	3,0 ± 0,4
Lípidos†	
Fosfolípidos	0,57 ± 0,04
Triglicérideos	2,12 ± 0,22
Ácidos gordos livres	0,025 ± 0,005
Compostos minoritários°	
Colesterol	46,1 ± 6,1
Componentes com grupo heme	400 ± 30
Dipeptidos	347,6 ± 35,6
Aminoácidos livres	90,2 ± 5,8

† g/100g de músculo

° mg/100g de músculo

Fonte: Aristoy & Toldrá, 1998, Hernández *et al.* 1998, Toldrá 1999.

Dados não publicados [5].

A quantidade de água presente no músculo depende das interações água-proteína e/ou proteína-proteína, que determinam o espaço disponível entre os filamentos grossos e os filamentos finos. As proteínas musculares são na sua maioria hidrofílicas, conseguindo estabelecer ligações com a água. Cerca de 70% da água está ligada às miofibrilas, 20% está localizada no sarcoplasma e 10% no tecido conjuntivo. Assim, a rede tridimensional dos filamentos é o componente capaz de reter mais água no músculo. A quantidade de água retida entre os filamentos está dependente do encolhimento ou expansão da estrutura da rede. No caso de o músculo estar contraído, a miosina e a actina encontram-se consideravelmente sobrepostas e, portanto, a quantidade de água retida é menor do que quando o músculo se encontra relaxado [2]. O pH do meio possuiu um papel importante na retenção de água, uma vez que altera as cargas das proteínas e a sua conformação, resultando numa maior ou menor capacidade de retenção de água no músculo. Quando o valor de pH se encontra

acima ou abaixo do ponto isoelétrico, as proteínas possuem carga positiva ou negativa, o que resulta num aumento da capacidade de retenção de água, uma vez que as proteínas não se encontram ligadas entre si, como acontece no ponto isoelétrico. Para valores pH entre 5,5 e 6 (acima do ponto isoelétrico), as proteínas encontram-se com cargas negativas, havendo um aumento da repulsão entre os filamentos de actina e miosina, criando mais espaço entre os filamentos, o que proporciona uma maior retenção de água [4].

As proteínas contribuem para a estrutura, função e integridade do músculo. Durante a conversão do músculo em carne, as proteínas são sujeitas a uma série de mudanças que afetam principalmente a tenrura da carne. No músculo estão presentes três tipos de proteínas, nomeadamente proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e proteínas do tecido conjuntivo. As proteínas miofibrilares, solúveis em meios de elevada força iónica, contribuem para continuidade e força do músculo [5]. A miosina e actina são as proteínas miofibrilares mais abundantes, que existem num rácio de 2:1 [3]. As proteínas tropomiosina e troponinas são designadas de proteínas regulatórias, uma vez que possuem um papel importante na contração e relaxamento muscular [7]. Ao nível da linha Z estão localizadas uma série de proteínas miofibrilares, como a titina e nebulina responsáveis por ancorar os filamentos de actina de sarcómeros consecutivos [8]. As proteínas sarcoplasmáticas englobam um conjunto vasto de proteínas, nomeadamente enzimas metabólicas (mitocondriais, lisossomais e livres no citosol) e mioglobina. Algumas destas enzimas possuem um papel importante nos fenómenos de *post mortem* ou no processamento da carne. A mioglobina é a proteína citoplasmática mais abundante, responsável pela cor avermelhada da carne ou rosada nos exsudados [5]. O colagénio, reticulina e elastina constituem as proteínas do tecido conjuntivo. Há vários tipos de colagénio (I-V) que são constituídos por diferentes tipos de cadeias polipeptídicas. O tipo I é o maior componente do epimísio e perimísio e os tipos III, IV e V do endomísio [5,6]. As fibras de colagénio são compostas por moléculas de tropocolagénio entrecruzadas, que por sua vez são formadas por 3 hélices individuais de procolagénio. O colagénio é resistente a forças mecânicas de elevada intensidade e caracteriza-se por ser uma fibra de elevado comprimento, sendo insolúvel tanto em água como em meios iónicos contendo sais e/ou fosfatos. Contudo, o procolagénio é solúvel em água. O colagénio sofre encolhimento quando é colocado a uma determinada temperatura, dependente da idade [9]. Quando o colagénio é exposto a calor húmido por períodos longos, ocorre a conversão deste em gelatina que, por sua vez, quando é arrefecida forma um gel. Quando o colagénio é submetido a tratamento térmico com binómio tempo/temperatura bastante superior ao que leva ao encolhimento do colagénio, a gelatina é convertida em cadeias de procolagénio, que contrariamente a esta, não formam um gel

quando arrefecido [4,6]. Além das proteínas anteriormente citadas, existem ainda várias enzimas, que têm particular relevância na maturação da carne (Secção 4.4.2) [10].

O músculo esquelético contém uma quantidade variável de lípidos dependendo da idade, do tipo de alimentação e do ambiente em que o animal é criado [11]. Os lípidos são insolúveis em água, localizando-se no interior do músculo (intramuscular), entre músculos (intermuscular) e no tecido adiposo. No animal os lípidos apresentam várias funções, sendo um componente das membranas (suporte e reconhecimento celular), funcionando como reserva energética e atuando como componente protetor do organismo. Os lípidos intramusculares são compostos essencialmente por triglicerídeos, armazenados em adipócitos, e fosfolípidos, localizados nas membranas. Os lípidos intermusculares e do tecido adiposo são compostos por triglicerídeos e pequenas quantidades de colesterol [2].

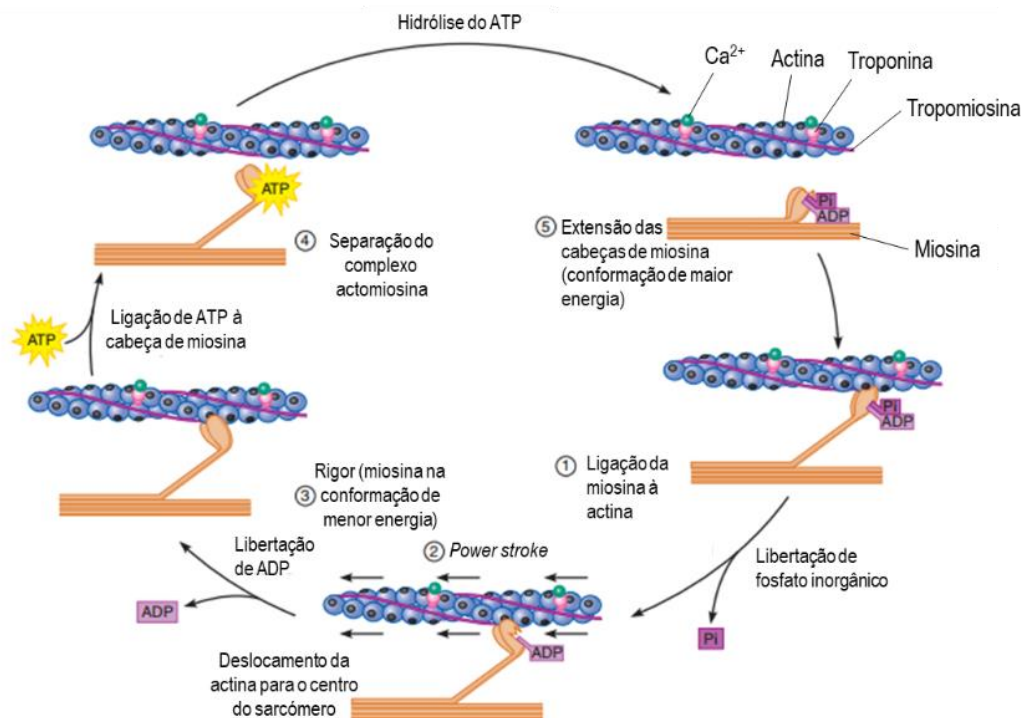
Os hidratos de carbono apresentam um papel importante no músculo, apesar de existirem numa concentração baixa [6]. No animal, os hidratos de carbono existem na forma de monossacarídeos (glucose, frutose e galactose) ou de polissacarídeos (glicogénio). O glicogénio funciona como uma reserva energética, sendo fonte de glucose. Assim sendo, o glicogénio pode ser utilizado como fonte de energia para a contração muscular em condições anaeróbias, sendo transformado em ácido láctico [2,6].

Os minerais existentes no tecido muscular, como cálcio, magnésio, sódio e potássio estão envolvidos em vários fenómenos bioquímicos, nomeadamente na contração muscular e na conversão do músculo em carne, atuando simultaneamente como reguladores de pH, mantendo o ambiente ideal para as funções do organismo [2].

### **4.3 Contração muscular**

No estado relaxado, a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  no músculo é bastante baixa e a troponina impede que as cabeças de miosina se liguem à actina. Quando há receção de um impulso nervoso, ocorre libertação de  $\text{Ca}^{2+}$  que se encontra armazenado no retículo sarcoplasmático, que por sua vez se liga à troponina, resultando num rearranjo conformacional da troponina e da tropomiosina localizadas sobre a actina [4]. Durante a contração muscular, os filamentos de actina deslizam sobre os de miosina, devido às pontes cruzadas formadas pelas cabeças de miosina, formando o complexo actomiosina. Durante a contração, o comprimento da banda I e da zona H diminuem, contudo, o comprimento da banda A não se altera. O comprimento de um sarcómero durante a contração pode reduzir-se até 50%, levando também a uma redução do comprimento do músculo. O relaxamento ocorre com a remoção dos iões cálcio novamente para o retículo sarcoplasmático e com a ativação

da enzima actina-miosina ATPase, que sintetiza adenosina trifosfato (ATP), requerido para a separação do complexo actomiosina. O ciclo de formação das pontes cruzadas actina-miosina encontra-se representado na Figura 3, sendo que o passo 3 é particularmente importante para compreender os fenómenos de *post mortem* explorados na secção 4.4.1 [3,4].



**Figura 3** Ciclo de formação e dissolução do complexo actomiosina no músculo (adaptado de Stanfield, C. L., 5ª edição, 2013 [3]).

## 4.4 Conversão do músculo em carne

### 4.4.1 *Post mortem*

As alterações *post mortem* que ocorrem na conversão do músculo em carne, representadas na Figura 4, alteram as propriedades físicas e bioquímicas, possuem um papel crucial na manutenção e melhoria da qualidade da carne e permitem a sua aceitação como alimento [2].

No organismo vivo ocorre uma panóplia de reações químicas e bioquímicas. Algumas destas reações continuam ao longo do tempo, enquanto outras são alteradas nos primeiros momentos do *post mortem* devido a diferenças de pH, presença de compostos inibitórios e libertação de iões no sarcoplasma. Em apenas algumas horas após o abate, estas reações são responsáveis por converter o músculo em carne.

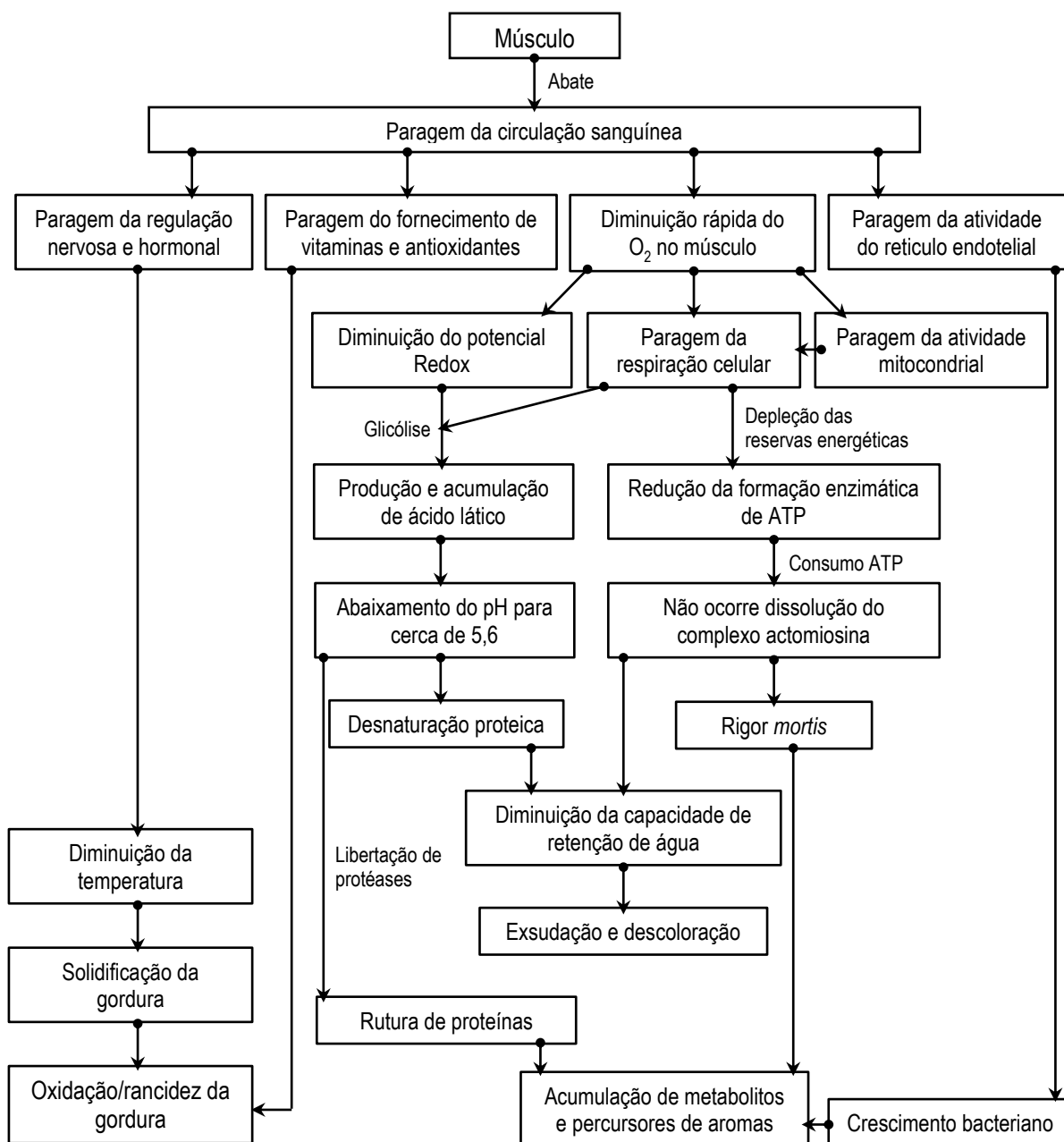
Assim sendo, as principais mudanças incluem: (1) depleção gradual da energia disponível, (2) transição de metabolismo aeróbico para anaeróbico, com produção de ácido láctico, que favorece a acidificação do músculo, (3) aumento da força iónica devido à acumulação de iões sódio, cálcio e

potássio, visto que as bombas ATP-dependentes não conseguem exercer a sua função, (4) diminuição da capacidade da célula de manter as condições redutoras [12].

A partir do momento em que o animal é abatido, a circulação para, cessando também a importação de nutrientes e a eliminação de metabolitos. A primeira consequência é a diminuição de oxigénio no músculo, o que resulta numa redução da atividade mitocondrial, da respiração celular e do potencial redox. A geração de ATP é estritamente necessária para contração e relaxamento muscular, para as bombas sódio-potássio e para a bomba de cálcio localizada no retículo sarcoplasmático. Quando o potencial redox diminui para valores anaeróbicos, a formação de ATP pela glicólise é mais dispendiosa para a célula. A taxa a que a glicólise ocorre depende do glicogénio armazenado no músculo [5]. O glicogénio é convertido em glucose, que por sua vez é convertido em ácido láctico com a formação de 2 moles de ATP – fenómeno que ocorre nos primeiros instantes do *post mortem* [13]. Assim que o glicogénio esgota, os valores de ATP descem para quantidades vestigiais pela conversão deste em adenosina difosfato (ADP), adenosina monofosfato (AMP) e outros compostos derivados. A taxa da depleção do ATP e das outras reações bioquímicas variam consoante o estado metabólico do animal antes do abate. Por exemplo, no caso de músculos *Pale Soft Exudative* (PSE) (secção 4.4.3), o ATP pode ser consumido em poucos minutos. Esta taxa pode ser também afetada pelo pH e pela temperatura da carne [5].

Assim que todo o ATP é consumido, o músculo permanece contraído, visto que não há energia disponível para o relaxamento. Esta condição rígida é designada por *rigor mortis*, na qual o complexo actomiosina fica ligado permanentemente. O tempo *post mortem* necessário para o desenvolvimento do *rigor mortis* é variável, dependendo da espécie, tamanho da carcaça, quantidade de gordura e temperatura de estabilização. Deste modo, o arrefecimento da carcaça afeta a taxa a que a glicólise ocorre, e como consequência, afeta também a taxa de abaixamento de pH e o tempo necessário para se atingir o *rigor mortis*. Nos suínos armazenados a 15 °C, o tempo de desenvolvimento de *rigor mortis* é entre 4 e 18h [5,14].

O ácido láctico formado pelas enzimas glicolíticas acumula-se no tecido muscular, uma vez que não é eliminado devido à paragem da circulação sanguínea. Esta acumulação produz um abaixamento rápido (algumas horas) do pH para valores entre 5,6 e 5,8. A capacidade de retenção de água depende do pH e, portanto, com a acidificação do meio, alguma água é libertada do músculo, levando nela dissolvidos alguns compostos como proteínas sarcoplasmáticas, péptidos, vitaminas, minerais e nucleótidos, reduzindo assim a qualidade nutricional da carne [5].



**Figura 4** Principais alterações que ocorrem durante a conversão do músculo em carne (adaptado de Nollet, L.M., 2ª edição, 2012 [5]).

#### 4.4.2 Maturação da carne

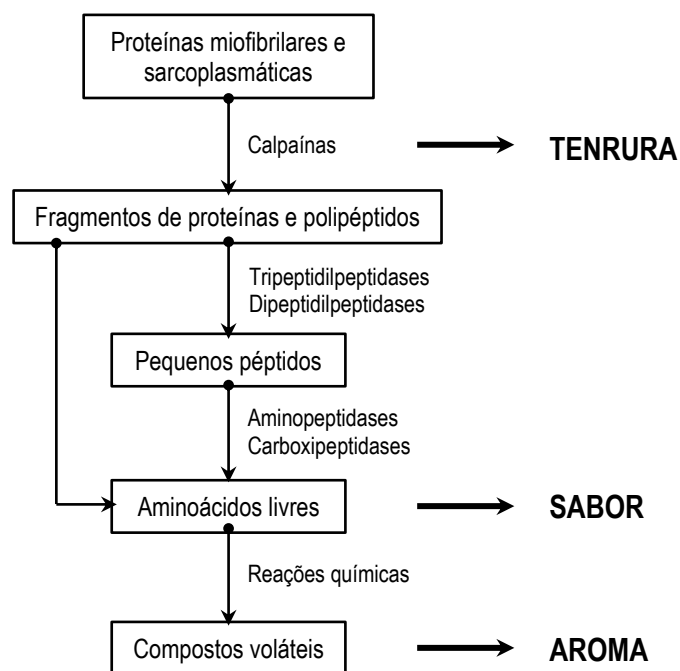
A resolução do *rigor mortis* do músculo ou maturação deve-se a um conjunto de fenômenos e de reações que contribuem para a tenrura da carne. Estas reações são catalisadas por enzimas e baseiam-se na desintegração das fibras musculares e enfraquecimento do tecido conjuntivo, especificamente do colagénio. O colagénio na carne é clivado pela collagenase, porém, esta enzima apresenta baixa ação, necessitando de muito tempo para efetivamente conseguir clivá-lo [4].

No músculo existe uma variedade de enzimas, sendo que a maioria possui um papel importante *in vivo*. Contudo, estas enzimas são responsáveis por alterações bioquímicas, nomeadamente proteólise e lipólise, que ocorrem nos momentos *post mortem* e durante o processamento da carne. As protéases (calpaínas, catepsinas aminopeptidases e carboxipeptidases) são caracterizadas pela sua habilidade em degradar proteínas. As calpaínas são endopeptidases de cisteína capazes de clivar ligações peptídicas internas, sendo dependentes de cálcio para exercerem a catálise. Apresentam um máximo de atividade a pH 7,5, sendo que a acidificação do meio para pH 6,0 resulta num decréscimo acentuado da atividade e para pH 5,5 em atividade nula. As calpaínas atuam na estrutura muscular, sendo capazes de degradar proteínas miofibrilares. Contudo, não são capazes de atuar sobre miosina e actina. As calpaínas só se encontram ativas nos primeiros instantes do *post mortem*, uma vez que são rapidamente autolisadas devido às concentrações elevadas de cálcio e pelo abaixamento do pH. São particularmente importantes em produtos cárneos em que não ocorre uma acidificação do meio [5].

As catepsinas são protéases ácidas que clivam proteínas de maneira não seletiva. Algumas catepsinas possuem máximo de atividade a pH ácido (pH 4,5), outras a pH levemente ácido (pH 6,0) e pH neutro (pH 6,8), contudo, todas necessitam ambiente redutor para exercerem a sua função, como o existente no músculo *post mortem* [5,15]. Devido ao seu tamanho pequeno, conseguem penetrar a estrutura miofibrilar, sendo capazes de degradar as diferentes proteínas miofibrilares como miosina, actina. Atuam a partir do momento em que ocorre o abaixamento do pH pelo ácido láctico. Existem ainda outras enzimas, exopeptidases, capazes de libertar pequenos péptidos que são importantes para o sabor da carne.

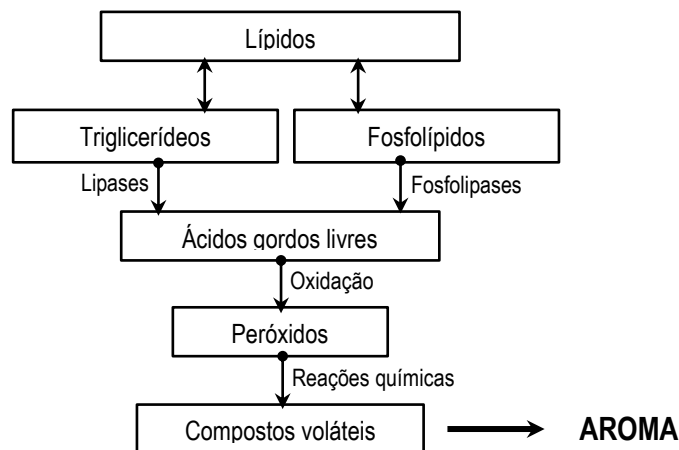
Assim sendo, como se pode observar na Figura 5, a proteólise constitui um conjunto importante de reações durante a maturação da carne com impacto na textura e na tenrura, uma vez que contribui para a degradação das proteínas miofibrilares. O desenvolvimento da proteólise está dependente de vários fatores, nomeadamente as condições da maturação, do tipo de músculo e da quantidade das protéases endógenas.





**Figura 5** Fenómenos de proteólise que ocorrem durante a maturação e processamento de carne e de produtos cárneos (adaptado de Nollet, L. M., 2ª edição, 2012 [5]).

A lipólise, representada na Figura 6 possui também uma contribuição para a qualidade da carne e dos produtos cárneos devido à geração de ácidos gordos livres, que possuem uma influência no sabor, ou de polinsaturados que são oxidados em compostos aromáticos que podem atuar como precursores de sabor. Os lípidos são degradados pelas enzimas lipolíticas, designadas por lípases quando atuam em triglicerídeos, libertando ácidos gordos de cadeia longa e esterases quando atuam em ácidos gordos de cadeia curta. As fosfolipases atuam nos fosfolípidos. O pH ótimo de atuação é ácido no caso das lípases, esterases e fosfolipases ácidas (lisossomais) e neutro nas esterases neutras e em algumas fosfolipases. As lipoxigenases, enzimas com grupo ferro, catalisam a incorporação de oxigénio nos ácidos gordos polinsaturados, convertendo-os em hidroperóxidos conjugados que podem ser degradados em produtos secundários. Estas reações oxidativas resultam na geração de compostos voláteis responsáveis pelo aroma. Contudo, a oxidação pode gerar compostos aromáticos indesejáveis acoplados com sabores desagradáveis, pelo que deve ser controlada. Estas oxidações podem ser reguladas por enzimas antioxidantes existentes no músculo como a glutatona peroxidase ou superóxido dismutase. Estas enzimas influenciam o tempo de prateleira da carne e protegem-na de efeitos pró-oxidantes durante o seu processamento. Além disso, durante o processamento da carne podem ser adicionados inúmeros antioxidantes que serão abordados na secção 4.5.1 [5].



**Figura 6** Fenómenos de lipólise que ocorrem durante a maturação e processamento de carne e de produtos cárneos (adaptado de adaptado de Nollet, L. M., 2ª edição, 2012 [5]).

#### 4.4.3 Padrões de metabolismo *post mortem* indesejados na indústria alimentar

PSE é um termo utilizado para descrever carne defetiva que ocorre essencialmente no suíno e representa um problema grave para a indústria, devido à perda excessiva por exsudação, extrema flacidez e ausência de cor. Este fenómeno é observável principalmente no lombo e a perna do suíno, partes da carcaça de elevado valor económico. Suínos geneticamente nervosos ou que foram colocados a situações de stress antes do abate, produzem ácido láctico anaerobicamente a partir do glicogénio, de modo a sintetizarem grandes quantidades de ATP. A taxa glicolítica elevada e a necessidade de grandes quantidades de ATP é resultado de uma mutação genética na proteína reguladora do fluxo de cálcio, rianodina, localizada no retículo sarcoplasmático [16]. O cálcio excessivo presente no meio ativa progressivamente a ATPase miofibrilar. A formação de ácido láctico enquanto o animal ainda está vivo, conjugado com a glicólise rápida que ocorre após o abate leva a um abaixamento drástico do pH (abaixo de 5,6), que em combinação com a temperatura elevada (37 °C) da carcaça leva ao desenvolvimento de carne PSE. A carne PSE apresenta cor pálida e textura suave, devido à desnaturação parcial de proteínas. A capacidade de retenção de água diminui com a desnaturação proteica, levando à formação de exsudado. Apesar de a quantidade de mioglobina ser semelhante entre a carne normal e PSE, esta proteína é também desnaturada, não contribuindo para a formação da cor típica de produtos de charcutaria curados [5]. Vários estudos mostraram que a carne PSE tem menor capacidade emulsionante e apresenta perdas de massa elevadas durante o processamento, nomeadamente perdas de água. Além disto, os produtos com carne PSE exibem menor coesão devido à menor extração proteica e gelificação e, conjugado com a baixa quantidade de água ligada, apresentam maior desligamento dos músculos no fatiamento [17,18].

Nas carnes *Dark Firm Dry* (DFD), o glicogénio é consumido quase na sua totalidade antes do abate sem acumulação de ácido láctico. Isto acontece quando os animais são colocados sob situações de stress crónico ou sob jejum prolongado. Consequentemente, devido à falta de reservas (glicogénio), a glicólise não ocorre e, portanto, não há geração de ATP nem de ácido láctico, pelo que o pH se mantém elevado. Este valor de pH (superior a 6,5), não induz a ionização das proteínas, pelo que a água permanece fortemente ligada, não havendo formação de exsudado. Este tipo de carne, firme e escura, apresenta boas propriedades para ser utilizada em produtos cárneos, uma vez que possui elevada capacidade de retenção de água. Contudo, uma vez que não ocorre acidificação do meio, a carne DFD e os produtos derivados são altamente suscetíveis de contaminação microbiana (os microrganismos encontram condições favoráveis ao crescimento), apresentando um tempo de prateleira bastante inferior comparativamente com os produtos preparados com carne normal (aplicando tratamentos térmicos semelhantes). Além disto, a estrutura do músculo sofre poucas alterações porque as proteases ácidas não são ativadas devido aos valores de pH na zona da neutralidade. A destruturação parcial do músculo é essencial para o amaciamento da carne e extração proteica, fatores determinantes para obtenção de produtos cárneos de charcutaria de elevada qualidade, pelo que vários processos mecânicos e químicos terão de ser aplicados em carnes DFD para que esta carne possa ser utilizada na indústria [6,19].

#### **4.5 Produtos de Charcutaria**

Segundo a NP 588, entende-se por produtos cárneos produtos elaborados a partir de carne, ou com carne, submetida a um processo tecnológico tal que a superfície de corte não permita identificar as características da carne fresca. Dentro deste grupo classificam-se vários produtos, entre os quais produtos com estrutura muscular da carne identificável e em peça, nos quais se inserem o fiambre da perna extra e o bacon, respetivamente, produtos que serão estudados nesta tese [20]. De acordo com a NP 4393 define-se por fiambre produto à base de carne, preparado exclusivamente a partir de carne de porco, salmourada, prensada ou não em moldes e posteriormente submetida a tratamento térmico. Existem 5 tipologias de fiambre, entre as quais o fiambre da perna extra. Estes fiambres diferenciam-se entre si no tipo de carne e nalguns ingredientes. Segundo a mesma norma, fiambre da perna extra é preparado a partir da perna de suíno, à qual foram adicionados ingredientes essenciais (carne, sal, água e gelo) e ingredientes facultativos (açúcares, aromas, incluindo aroma de fumo, proteínas cárneas, aditivos e geleias de cobertura), sem adição de proteínas não cárneas e amidos. O fiambre da perna extra deve ter uma relação humidade-proteína menor a igual a 4,7 [21]. O bacon, segundo a NP 725 é um produto constituído exclusivamente pela entremeada de suíno, tratada por salga a

seco ou por salmoura e pelo fumo. No seu fabrico são contabilizados os ingredientes essenciais (entremeada e sal) e os ingredientes facultativos (açúcares, especiarias e aditivos) [22].

Os processos de fabrico do fiambre da perna extra e do bacon (Secção 4.5.2) apresentam as mesmas etapas, exceto a de secagem e fumagem (secção 4.5.2 – VII) que é referente apenas ao bacon.

#### **4.5.1 Ingredientes e aditivos**

Durante o fabrico e preparação dos produtos cárneos, além da carne, são utilizados outros compostos de modo a se obter um produto final com determinadas características. Na indústria alimentar os ingredientes e aditivos surgem como dois termos distintos, mas que se encontram interligados. Ingredientes são substâncias que são adicionadas ao alimento com um determinado fim, principalmente ao nível do sabor, e que são consumidos habitualmente na dieta. Por outro lado, entende-se por aditivos substâncias que não são consumidas naturalmente e que são adicionados intencionalmente por razões tecnológicas ou organoléticas [23]. Do ponto de vista prático, na charcutaria, todos os aditivos são ingredientes, mas nem todos os ingredientes são considerados aditivos [24]. A adição de ambos permite modificar o sabor, aumentar a tenrura, suculência, coesão, retenção de água, capacidade emulsionante, estabilização da cor e preservação do produto final. Alguns ingredientes apresentam mais do que uma função, como é o caso do sal [25]. Atualmente, a maioria dos países limitam os aditivos que podem ser utilizados nos produtos cárneos e as respetivas quantidades [4].

Os ingredientes são dissolvidos em água, formando a salmoura (secção 4.5.2 – II) sendo inseridos nas peças cárneas na etapa de injeção (secção 4.5.2 – III). É essencialmente na etapa da massagem, mas também da cozedura, que os ingredientes exercem a sua função em sinergismo com a força mecânica.

### **I. Ingredientes**

#### **▪ Carne**

A carne é a principal matéria-prima utilizada nos produtos cárneos de charcutaria. A conversão do músculo do animal em carne requer uma panóplia de reações químicas e bioquímicas aprofundadas na Secção 3.4. A qualidade da carne é um fator crucial para as características do produto final. Para tal, é necessário controlar alguns aspetos como o pH inicial da carne, que pode ser ilustrativo de carne PSE, DFD ou de contaminação microbiana. Além disso, as partes da carcaça a serem utilizadas para um dado produto devem ser devidamente identificadas e selecionadas. A gordura muscular

admissível constitui outro fator importante, uma vez que pode causar desligamentos entre músculos que estão intimamente associados a quebras na cozedura e fatiamento. Todas as matérias-primas devem ser analisadas no momento de receção, de modo a inferir se estas se encontram na especificação estabelecida pela empresa.

#### ▪ Água

Nos produtos cárneos, o segundo ingrediente mais importante é a água. Do ponto de vista tecnológico, a água é utilizada por ter a capacidade de solubilizar um grande número de substâncias, incluindo os ingredientes e aditivos utilizados nos produtos cárneos e, ainda, por possuir a função de agente dispersante [26]. A água deve ser potável e livre de iões  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e metais pesados, visto que estes iões podem condicionar negativamente a capacidade de retenção de água no produto. A presença de ferro e cobre destroem parcialmente o ascorbato presente na salmoura e podem afetar a cor final do produto, além de constituírem um risco toxicológico [23]. Sem a existência de água seria praticamente impossível conseguir uma dissolução e dispersão eficientes dos ingredientes, principalmente daqueles que se encontram obrigatoriamente em pequenas quantidades, como é o caso dos nitritos. A água funciona também como solvente necessário para a extração das proteínas, que é uma etapa crucial para a estabilização da emulsão e para as propriedades estruturais dos produtos cárneos cozinhados. Em conjugação com o sal, a água tem a capacidade de solubilizar proteínas e formar uma película proteica à volta dos glóbulos de gordura, prevenindo a separação da gordura da massa cárnea durante o processamento térmico. A atividade da água ( $a_w$ ) é também influenciada pela adição de água e representa a água disponível no produto para fins químicos e biológicos. A água livre é um dos fatores que leva à proliferação de microrganismos patogénicos e deteriorantes, sendo que a maioria das bactérias consegue crescer em valores de  $a_w$  superior a 0,91 [26].

#### ▪ Sal

O sal alimentar ( $\text{NaCl}$ ) é utilizado desde os tempos ancestrais devido à sua capacidade de preservação, uma vez que diminui a atividade da água e contribui para o sabor dos produtos alimentares. É o ingrediente mais utilizado em carnes processadas, quer do ponto de vista de quantidade quer de frequência. Apesar da preocupação crescente relativamente à quantidade excessiva de sódio na dieta humana e dos esforços que têm vindo a ser feitos para a redução do seu consumo, o sal é crucial nos produtos cárneos processados, pelo que não pode ser eliminado na totalidade [26].

A elevada solubilidade do sal em água permite a dissociação dos iões que o constituem, que apresentam várias funções nos produtos cárneos. O ião cloreto é responsável pela ligação da água às proteínas, enquanto o ião sódio é responsável pelo sabor salgado derivado do sal. Além disso, outra função do ião sódio é a capacidade de intensificar o sabor de outros componentes [26,27]. A presença de sal aumenta a força iónica do meio, que é crucial para a extração e solubilização das proteínas solúveis em meios com sal, que são necessárias para emulsionar a gordura e determinar a textura do produto resultante da gelificação pelo calor. Na maioria dos produtos cárneos, uma concentração de 2% de sal permite alcançar a força iónica necessária. O ião cloreto tem a capacidade de interagir com as proteínas da carne, aumentando as cargas negativas por diminuir as interações entre os grupos carboxilo e amina, permitindo um aumento das ligações água-proteína. Além disso, o ião cloreto é também responsável por acelerar a formação da cor nos produtos curados por aumentar a taxa de formação de óxido nítrico a partir do nitrito. A concentração de sal no produto possui um papel importante no controlo do crescimento microbiano, pelo que se se diminuir esta concentração reduz-se também o tempo de prateleira dos produtos e aumenta-se o risco de proliferação de microrganismos patogénicos [23,26].

#### ▪ Açúcares

Os açúcares são hidratos de carbono utilizados nos produtos cárneos por (i) contribuírem para o sabor, (ii) atuarem como depressores de água, (iii) serem responsáveis pelo desenvolvimento da cor acastanhada característica das reações de Maillard em determinados produtos e (iv) conseguirem camuflar elevadas concentrações de sal [4]. Os açúcares são normalmente utilizados em misturas de composição variável de acordo com os efeitos desejados no produto final. Por exemplo, a sacarose é utilizada em pequenas concentrações devido ao seu poder adoçante elevado, sendo utilizada com o intuito de dar sabor ao produto. Por outro lado, o uso de monossacarídeos como a glucose ou dextrose são utilizados como depressores da atividade da água, por possuírem um poder adoçante menor, não interferindo com o sabor do produto. A principal desvantagem do uso de monossacarídeos é que estes são facilmente digeridos por microrganismos quando a refrigeração é inadequada, havendo acidificação indesejada do produto devido à produção de ácido láctico. Podem ser ainda utilizados outros açúcares como frutose, lactose, xaropes de glucose ou dextrinas [23].

### ▪ Proteínas

As proteínas são amplamente utilizadas nos produtos cárneos de modo a aumentar o teor proteico total, devido à sua capacidade emulsionante e de retenção de água. Contudo, o seu uso pode ser limitado de acordo com a legislação, podendo conferir sabor indesejável no produto final. Existem imensos tipos de proteínas disponíveis e utilizadas atualmente em produtos cárneos, como proteínas do leite (proteínas do soro, lactoalbuminas e caseinatos), proteínas do plasma de suíno, proteínas obtidas a partir da hidrólise de colagénio, albuminas do ovo e proteínas vegetais (isolado ou concentrado de soja) [23].

### ▪ Amido

O amido é um polissacarídeo de origem vegetal utilizado em produtos de elevado rendimento devido à sua elevada capacidade de retenção de água. A maioria dos amidos gelifica por ação do calor (65-75 °C), formando um gel tridimensional capaz de reter grandes quantidades de água. Os amidos mais utilizados são os derivados do trigo, batata (fécula) e milho. A maioria dos amidos não suporta temperaturas elevadas ou tempos prolongados de tratamento térmico. Para tal, têm vindo a ser desenvolvidos amidos modificados que são estáveis termicamente e menos frágeis que os amidos naturais [23].

### ▪ Fibras

As fibras vegetais contemplam vários polissacarídeos (celulose, hemicelulose, pectinas) constituintes de paredes celulares de cereais e vegetais que não são absorvidos pelo sistema digestivo humano. Graças à sua estrutura química, do ponto de vista tecnológico, as fibras apresentam algumas vantagens enquanto retentores de água e por conferirem ao produto uma textura interessante [23].

### ▪ Aromas e temperos

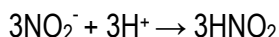
Os aromas e temperos considerados como ingredientes contemplam especiarias e oleorresinas derivadas de especiarias, alho, proteínas vegetais entre outros [23].

## II. Aditivos

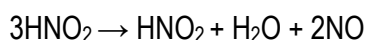
### ▪ Nitritos

Os nitritos são reconhecidos como um dos aditivos mais importantes no processamento de carnes por apresentarem várias funções, nomeadamente por (i) promoverem a formação da cor rosada característica, (ii) possuírem efeito bacteriostático, atuando como conservante, (iii) providenciarem o sabor curado aos produtos e (iv) possuírem atividade antioxidante. O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por si só não tem

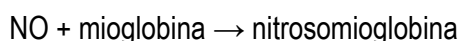
capacidade para atuar na carne. É necessário que este seja convertido em óxido nítrico (NO), para que os efeitos referidos ocorram (equação 1 e 2). Trata-se de uma reação espontânea que ocorre em meio ácido (pH<6,5), favorecida por temperaturas elevadas durante períodos de tempo longos e pela presença de potenciadores de cor. O NO produzido é altamente reativo, reagindo com a mioglobina para formar nitrosomioglobina (equação 3), o pigmento responsável pela cor rosada característica dos produtos cárneos cozidos, expectável pelo consumidor [4].



Equação 1



Equação 2



Equação 3

Fonte: Feiner, G., 1ª edição, 2016

Habitualmente, os nitritos são adicionados sob a forma de sal (nitrito de sódio), sendo que a dosagem máxima permitida em produtos cozidos em Portugal é de 150 mg/kg (Regulamento CE N.º 1333/2008) [28]. A cor rosada é estabilizada quando ocorre a formação de nitrosohemocromogénio a partir da decomposição da nitrosomioglobina. Este grupo é produzido pela fixação do NO no anel central tetrapirrólico da mioglobina acompanhado pela libertação e desnaturação da globina. Este pigmento é bastante instável quando exposto à luz e ao oxigénio. Os mecanismos subjacentes à atividade bacteriostática dos nitritos ainda não estão totalmente esclarecidos, contudo, este apresenta efeito em Enterobacterias, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, e é particularmente letal para o *Clostridium botulinum*, cujos esporos são resistentes ao tratamento térmico e, portanto, o uso de nitritos surge como a única forma de prevenir a proliferação desta bactéria nos produtos cárneos pasteurizados [23]. A atividade antioxidante dá-se com (i) a ligação do NO ao grupo heme da mioglobina, prevenindo a libertação do ião ferro catalítico, e (ii) a ligação a iões ferro associados ao grupo heme ou não, impedindo a ocorrência de reações de oxidação [5].

#### ▪ Nitratos

O nitrato de potássio foi o primeiro agente nitrificante utilizado no fabrico de produtos cárneos. Contudo, este agente não tem uma ação nitrificante direta na carne. O seu efeito é derivado da conversão do nitrato em nitrito pelas nitrato-redutases, enzimas produzidas por microrganismos como *Lactobacillus* e Enterobacteriace. A inibição da flora bacteriana durante a massagem e maturação e os tempos curtos associados a este processo não permitem uma formação significativa de nitritos a partir de nitratos. Contudo, a adição de nitratos pode ser pertinente na medida em que a sua



conversão em nitritos se prolonga após o tratamento térmico, devido à flora vestigial que permanece no produto, aumentando o tempo de prateleira e a estabilização da cor [23].

#### ▪ Conservantes

O uso de conservantes constituiu um dos primeiros métodos de conservação com o intuito de aumentar o tempo de prateleira dos produtos cárneos processados. Porém, devido à evolução tecnológica, nomeadamente no processamento térmico e na refrigeração, a necessidade do uso destes compostos tem vindo a diminuir [23]. Além disso, na maioria dos países a legislação é bastante restrita relativamente ao seu uso. A maioria dos conservantes são bacteriostáticos, inibindo o crescimento microbiano, todavia, alguns têm ação bactericida [4].

Atualmente são utilizados conservantes de origem mais natural derivados do ácido láctico, como lactato de sódio e lactato de potássio, capazes de reduzir a atividade da água e que possuem propriedades antimicrobianas contra bactérias patogénicas, nomeadamente *Escherichia coli*, *C. botulinum* e *Listeria monocytogenes*. Juntamente com o lactato de sódio ou potássio, ou mesmo sozinho, pode usar-se acetato de sódio que apresenta atividade antimicrobiana, principalmente contra *L. monocytogenes* [23].

Apesar de pouco eficientes a pH superior a 4, o que os torna pouco apropriados no fabrico de produtos cárneos cozidos, os sais de ácido sórbico e de ácido benzoico são ainda utilizados. Estes sais são bons inibidores do crescimento de bolores, mas menos efetivos contra leveduras e bactérias [23].

#### ▪ Antioxidantes

Os antioxidantes visam prevenir fenómenos de iniciação de oxidação, principalmente lipídica, e interromper a sua propagação, caso já tenham sido despoletados [25]. No fabrico de produtos cárneos, são utilizados principalmente o ascorbato de sódio e o eritorbato de sódio. As funções destes antioxidantes baseiam-se no facto de estas moléculas possuírem um forte poder redutor. Adicionalmente, o ascorbato e eritorbato de sódio reduzem os nitritos a NO, facilitando a formação de nitrosomioglobina e, por conseguinte, acelerando a formação da cor rosada, sendo capazes de estabilizar a cor a longo prazo no produto final. Isto deve-se ao facto de estes antioxidantes inibirem a formação de radicais peróxido na superfície do produto quando este se encontra exposto a radiação ultravioleta e oxigénio. Estes radicais são os principais responsáveis pela decomposição do pigmento [23]. Por outro lado, estes antioxidantes ajudam a impedir a formação de compostos cancerígenos, nomeadamente nitrosaminas por bloquearem a formação de  $N_2O_2$  que são originados a partir de NO. Em meio ácido, o ascorbato reage muito rápido com os nitritos, dando origem vapores nitrosos

bastante irritantes. Deste modo, apesar de a salmoura apresentar pH ligeiramente alcalino, devido à presença de fosfatos, o ascorbato deve ser sempre colocado na forma de sal (ascorbato de sódio) e nunca na forma de ácido. O mesmo se aplica ao eritorbato [23].

Além disso, são utilizados outros agentes promotores de atividade antioxidante nos produtos cárneos cozidos, particularmente o citrato de sódio e o lactato de sódio. O citrato é usado devido às suas propriedades tampão e capacidade quelante e o lactato enquanto depressor de atividade da água e inibidor de crescimento bacteriano [23].

O ascorbato e o eritorbato não são solúveis em ácidos gordos, não conseguindo exercer a sua atividade antioxidante nessas moléculas. Porém, antioxidantes solúveis em lípidos como compostos fenólicos não são normalmente utilizados [23].

#### ▪ Fosfatos

Os fosfatos são sais de ácido fosfórico transversalmente utilizados na indústria cárnea, cuja principal função é promover a retenção de água, melhorando a textura, tenrura, suculência e rendimento de produção dos produtos. Existem vários tipos de fosfatos que possuem funções diferentes de acordo com o tamanho da cadeia, pH e solubilidade em água [26]. Os mais comuns são os monofosfatos, pirofosfatos e polifosfatos. Normalmente são utilizados fosfatos alcalinos de modo a aumentar o pH da carne e assim aumentar a retenção da água (proteínas encontram-se na forma carregada). De forma geral, os fosfatos lineares conseguem dissolver a ligação entre a actina e miosina formada no *rigor mortis*. Esta separação é conseguida graças à ligação entre os iões fosfato negativos e os iões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , responsáveis pelos fenómenos de contração e relaxamento do músculo [4,23].

A combinação de fosfatos na forma de sal e de sal alimentar aumenta a força iónica do meio que, por sua vez, aumenta a solubilização e extração das proteínas cárneas, por ocorrer a clivagem das ligações electroestáticas, aumentando assim a capacidade de retenção de água da carne. Os tripolifosfatos são os mais eficientes nesta atividade [4].

Os fosfatos possuem ainda atividade bacteriostática, contudo, para conseguirem exercer esta função teriam de ser adicionados em concentrações superiores às permitidas pela legislação (5000 mg/kg) [28]. Além disso, os fosfatos têm a capacidade de quelar iões metálicos, diminuindo fenómenos de oxidação e rancificação de gorduras.

A maioria dos fosfatos encontra-se na forma de sal de sódio ou potássio, sendo que os fosfatos de potássio apresentam maior solubilidade. A adição destes sais de fosfato permite a redução de sal adicionado nos produtos cárneos sem comprometer a retenção de água [4].

### ▪ Estabilizantes

A maioria dos estabilizantes é adicionada para melhorar ou suplementar a funcionalidade das proteínas. Em certos produtos, a necessidade de retenção de água é superior à conseguida intrinsecamente pela pelas proteínas. Mesmo utilizando outros ingredientes como fosfatos e sais e otimizando as condições de processamento, a água retida não é suficiente para satisfazer o expectável para o produtor e para o consumidor. Para tal, são utilizados ingredientes adicionais, como carragenatos, alginatos e gomas que visam suplementar a funcionalidade das proteínas, retendo eles próprios água, modificando a textura do produto. A escolha do ingrediente deve precaver a possibilidade da ocorrência de perdas de água na cozedura e durante o armazenamento [26].

Tanto os carragenatos como os alginatos são extratos de algas, possuindo propriedades gelificantes. Os carragenatos são polissacarídeos lineares de galactose com diferentes graus de sulfatação que determinam as diferentes frações, *Kappa*, *Lambda* e *Iota* [23]. As frações mais utilizadas na indústria de carnes são a *Kappa* e *Iota*, que apresentam diferenças relativamente ao gel formado. A fração *Lambda* prejudica a textura, não sendo utilizada [26]. Os carragenatos são comercializados e utilizados sob a forma de misturas, contendo uma ou mais frações, gomas e sal [23].

Os alginatos são também polissacarídeos formados por cadeias de ácido D-manurónico e ácido L-gulurónico. São solúveis em água, não necessitando de calor para formar gel. A formação do gel ocorre aquando a exposição do alginato a catiões como o cálcio. Contudo, este gelificante é menos utilizado que os carragenatos na fabricação de produtos cárneos [26].

As gomas são utilizadas em alguns produtos cárneos processados. São também sacarídeos, mas possuem estrutura ramificada, capazes de estabilizar a estrutura cárnea. As mais utilizadas são a goma guar e a goma xantana [23].

### ▪ Corantes

Há uma panóplia de corantes utilizados na indústria alimentar, mas só alguns são adequados para os produtos cárneos. Os corantes são utilizados para repor a cor vermelha característica a alguns produtos ou aumentar a cor rosada a produtos curados. Os corantes podem ser extraídos de plantas ou animais, como os carotenos, cochonilha, curcumina e extratos de paprica. Podem ainda ser derivados de fontes naturais como o caramelo e o dióxido de titânio ou ainda de origem sintética. O corante cochonilha é provavelmente o mais utilizado, devido à sua estabilidade em determinadas condições tais como exposição à radiação, oscilações de pH e tratamento térmico. A utilização de

corantes artificiais tem cada vez mais vindo a ser proibida, pelo que a sua utilização é cada vez mais restrita [23].

#### **4.5.2 Processo de fabrico de produtos cárneos**

O processo de fabrico de produtos cárneos engloba todas as fases necessárias desde a receção de matérias-primas até à expedição do produto final. O facto de este processo ser altamente industrializado nos dias de hoje, permitiu maior rapidez no seu fabrico, o aumento dos tempos de prateleira e o desenvolvimento de novos produtos. Todas as fases estão relacionadas entre si, pelo que é crucial que se estabeleça um fluxo contínuo durante o processo para evitar acumulações de produto e tempos de espera longos [29].

##### **I. Receção de matérias-primas**

A qualidade da carne é um fator determinante para o produto final. A existência de várias raças e de diferentes tipos de alimentação torna a uniformização dos produtos complicadas. Contudo, há vários fatores que devem ser tidos em consideração, de acordo a especificação estabelecida, para se reduzir ao máximo a variabilidade do processo e do produto. No caso do fiambre da perna extra são utilizados os 4 músculos constituintes da perna de suíno: pojadouro, posta falsa, alcatra e picadouro. No caso do bacon utiliza-se a entremeada de suíno. A temperatura de receção da carne deve-se encontrar entre 0 e 5 °C no caso de carne fresca e menor que -12 °C no caso de carne congelada. A especificação tem ainda em conta o pH da matéria-prima (5,6-6,0 medido no músculo picadouro), peso médio por peça, zonas do músculo admissíveis, teores de gordura máximos admissíveis (proporção gordura-proteína) e tempo entre o abate e a receção da carne (mínimo 36h) [24,29].

##### **II. Preparação da salmoura**

A preparação correta da salmoura é essencial para a cor, sabor, rendimento de cozedura, tempo de prateleira e integridade da fatia do produto final. A salmoura é uma suspensão que contém inúmeras substâncias solúveis e insolúveis (secção 4.5.1) dissolvidas, dispersas ou em suspensão na água. A temperatura final ótima compreende-se entre -2 e 2 °C porque (i) permite uma boa solubilização ou dispersão dos ingredientes e (ii) reduz o risco de aumento de temperatura durante a injeção e massagem, diminuindo também o risco de crescimento bacteriano na carne que é altamente perecível, visto que é fonte de proteína, açúcares e água livre. Além disso, a solubilização e posterior extração das fibras de actina e de miosina ocorre preferencialmente no intervalo de temperaturas entre 0 e 3 °C. A temperatura baixa da salmoura é conseguida utilizando água refrigerada ou pela

adição de gelo. A adição de gelo pode ser faseada ou num único passo, consoante a temperatura ambiente da água. Ingredientes como fosfatos, açúcares e sal apresentam máximo de solubilidade entre 6 e 10 °C, pelo que metade do gelo deve ser adicionado no início da preparação da salmoura se a temperatura da água estiver acima de 10 °C. O restante gelo deve ser adicionado quando todos os ingredientes se encontram dissolvidos ou em suspensão, de modo a não comprometer a sua funcionalidade, uma vez que estes podem colar à superfície das partículas de gelo [4,23].

A sequência de adição dos ingredientes à água deve ser respeitada e realizada em constante agitação. Os ingredientes que se dissolvem, como fosfatos, açúcares e sal devem ser adicionados antes dos ingredientes que permanecem em suspensão, nomeadamente os carragenatos. Considerando os ingredientes solúveis, os fosfatos devem ser os primeiros a serem adicionados, visto que necessitam de elevada quantidade de água livre para se dissolverem completamente. Contudo, depois de totalmente dissolvidos, parte da água é libertada. Seguidamente, adicionam-se os açúcares e as proteínas injetáveis, nomeadamente isolados de soja. Por fim, adiciona-se o sal que liga enormes quantidades de água e que reduz a tensão superficial da água facilitando a dispersão dos carragenatos e fécula [4]. Os restantes ingredientes, nomeadamente nitritos, aromas e conservantes devem ser adicionados antes ou depois dos carragenatos, consoante a sua facilidade em se solubilizarem ou dispersarem na água.

A salmoura deve ser preparada pouco antes da sua utilização ou injeção, visto que alguns aditivos vão perdendo a sua funcionalidade com o tempo, como é o caso dos fosfatos (poli, tri, difosfatos) que se vão convertendo progressivamente em monofosfatos que têm menor atividade nas proteínas, o que põe em causa todo o processo. Além disto, esta deve ser bem homogeneizada antes de ser utilizada, de modo a evitar sedimentação de alguns ingredientes e garantir que toda a matéria-prima é injetada com as concentrações corretas. A viscosidade das salmouras deve ser também controlada, de modo a evitar entupimentos e estragos nos equipamentos, além de que uma salmoura muito viscosa tem mais dificuldade em se dispersar homogeneamente nos tecidos cárneos [4].

### **III. Injeção e Tenderização**

A injeção corresponde ao processo em que a salmoura é mecanicamente introduzida e distribuída dentro da carne. Todos os ingredientes devem ser introduzidos uniformemente e na concentração correta em todas as partes da carne a ser processada. Uma injeção incorreta acarreta inúmeras implicações, nomeadamente na cor, coesão, rendimento de cozedura e sabor [4,29]. Se a salmoura for adicionada numa quantidade excessiva, os níveis de aditivos serão demasiado elevados, o que resultará em custos associados desnecessários, alterações no sabor e possíveis problemas legais no

caso de aditivos com quantidade máxima legislada. Se ocorrer o oposto e pouca quantidade de salmoura for injetada, a concentração de ingredientes na carne será baixa, levando a baixos rendimentos de cozedura, sabor indesejado, tempo de vida útil mais curto e baixo desenvolvimento da cor devido à carência de nitritos. O mesmo se sucede quando a distribuição da salmoura não é homogênea numa determinada parte da carne ou entre as várias peças de carne a serem injetadas. Em situações em que a salmoura injetada se encontra apenas um pouco abaixo do desejado, a quantidade não injetada pode ser adicionada diretamente ao massajador. Esta quantidade de salmoura que pode ser adicionada depende do tipo de massajador, da tipologia de produto e de se a carne foi tenderizada, podendo atingir valores entre 4 e 8% da injeção final pretendida [4].

A percentagem de injeção é determinada primeiramente pela qualidade desejada no produto final e todas as fases a jusante dependem deste fator. A percentagem de injeção é dada pela seguinte relação [29].

$$\text{Injeção (\%)} = \left( \frac{m_{\text{carne}} \text{ (kg)} + m_{\text{carne injetada}} \text{ (kg)}}{m_{\text{carne}} \text{ (kg)}} - 1 \right) \times 100$$

Há várias características que devem ser tidas em consideração na escolha de uma injetora para uma indústria de produtos cárneos, uma vez que a eficiência na injeção condicionará diretamente os resultados da produção. Estes fatores compreendem: [4,29]

- Distribuição homogênea da salmoura nos tecidos cárneos – influencia a aparência do produto, prevenindo acumulações de salmoura e irregularidades de cor; promove a extração homogênea de proteínas.
- Precisão na percentagem de injeção – garante o mínimo valor de desvio padrão no conteúdo de salmoura nas várias peças injetadas, permitindo uma continuidade na qualidade do produto, expectável pelo consumidor.
- Capacidade em atingir um determinado valor de injeção – a injeção final pretendida varia entre produtos. A injetora, teoricamente, deve ser capaz de injetar desde 5% a 100%. Ambos os limites inferior e superior apresentam dificuldades na distribuição homogênea e na capacidade em reter, respetivamente. As injetoras atuais conseguem facilmente injetar entre 40 e 70% sem destruir a estrutura muscular. Além disso, é de salvaguardar a existência de outros fatores que influenciam a percentagem de injeção total como o tamanho da carne, estado (fresco ou congelado) e a temperatura e viscosidade da salmoura.

- Facilidade em higienizar – facilidade em higienizar todas as partes da máquina prevenindo contaminações microbianas.
- Fiabilidade, manutenção e produtividade.

No mercado, estão disponíveis vários modelos de injetoras das quais se distinguem dois tipos pela forma como introduzem a salmoura na carne: baixa pressão (mais utilizado) e sistema spray. Nas injetoras de baixa pressão, a salmoura é depositada enquanto a agulha é introduzida na carne, recorrendo a 2 a 4 orifícios com mais de 1 mm de diâmetro. Por este sistema, a salmoura é depositada, tendo de ser distribuída por toda a peça por ação mecânica na massagem [29]. Nas injetoras que utilizam o sistema spray, a salmoura é injetada homogeneamente por agulhas contendo 11 a 14 orifícios de 0,6 mm de diâmetro distribuídos em diferentes alturas, quando estas já foram totalmente introduzidas na carne. O *design* pensado do sistema spray e a injeção com pressão elevada (6 a 10 kg/cm<sup>2</sup>) permitem uma penetração da salmoura eficaz e homogênea, sem danificar as fibras musculares e sem criar depósitos [29]. Por outro lado, há outros autores que defendem que pressões superiores a 2 kg/cm<sup>2</sup> são suficientes para danificar as fibras, mas referem que este efeito causado por esta pressão depende do sistema de injeção. Quando a injeção pretendida não é obtida, as peças podem ser novamente injetadas. Contudo, esta repetição é um processo moroso, pelo que a melhor solução é a utilização de injetoras com mais que um conjunto de agulhas [4].

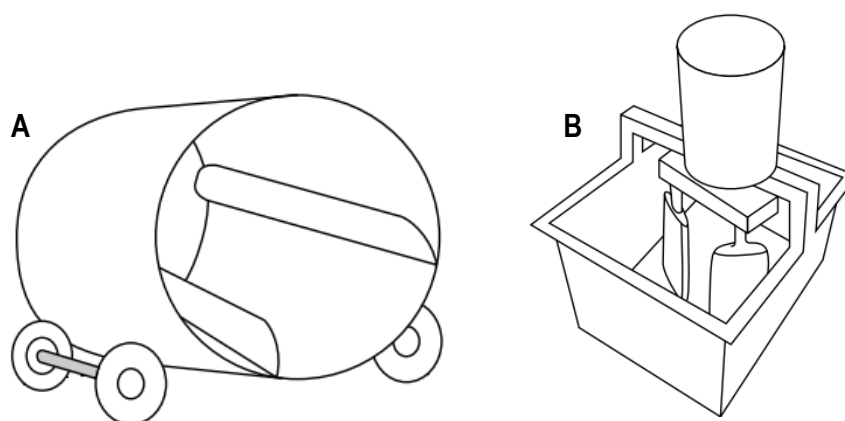
Designa-se por tenderização o efeito mecânico que produz pequenos cortes na peça injetada e que resulta num aumento da área de contacto, facilitando a extração e solubilização das proteínas na fase de massagem. Este processo promove uma ligação mais forte entre os músculos, previne a formação de espaços de ar no produto fatiado, além de diminuir as perdas na cozedura. O grau de tenderização depende do tipo de produto, sendo que em produtos em que só se pretende melhorar a trinca, a ação mecânica deve ser suave. Existem vários mecanismos de tenderização, nomeadamente com rolos dentados, com sabres e de impacto (pré-massagem). Normalmente, são combinados vários tipos de tenderização, sendo que no caso da tenderização com rolos, a distância entre os rolos deve ser otimizada para o tipo de corte desejado [29]. Regra geral, a profundidade do corte está relacionada com a percentagem de injeção. Maior injeção requer cortes mais profundos [4].

#### **IV. Massagem e Maturação**

A massagem é amplamente utilizada nos produtos injetados, sendo a etapa mecânica crucial para que todos os fenómenos químicos e físicos aconteçam, de modo a aumentar o sabor, o rendimento de cozedura (retenção de água), o desenvolvimento da cor, a firmeza e a coesão dos músculos, que

se traduzem em maior coesão da fatia. O principal objetivo desta etapa é ativar ou solubilizar e extrair as proteínas, mais especificamente as do sarcolema que se encontram em torno das células musculares que são lisadas pela força mecânica da massagem e as proteínas miofibrilares que são libertadas do interior [4]. Uma vez solubilizadas e extraídas, as proteínas formam uma espécie de filme com efeito de cola entre os músculos. A maturação corresponde aos períodos de repouso no caso de a massagem ser realizada por intervalos. Em produtos como fiambre e o bacon, esta fase mostra ser crucial para uma extração eficiente das proteínas, retenção efetiva da água e desenvolvimento das restantes características [30].

Existem dois tipos de massagem, designados por massagem de queda ou *tumbling* e massagem por fricção (Fig. 7). O princípio básico da massagem de queda, designada apenas por massagem nesta revisão, é o movimento da carne injetada dentro do massajador ao longo da superfície interna. O massajador, posicionado horizontalmente, apresenta forma cilíndrica, rodando em torno de um eixo central imaginário. Assim que as peças atingem uma determinada altura, estas caem devido à gravidade. Com o movimento do massajador, as peças deslizam umas sobre as outras, criando uma ligeira pressão que leva à ativação das proteínas musculares. Este fenómeno é potenciado pela energia cinética gerada pela queda das peças. A massagem por fricção é semelhante à *tumbling*, exceto na parte da queda, visto que o massajador se encontra na vertical, e as peças são movidas devido à existência de palas. Estas duas metodologias resultam em produtos diferentes. A experiência mostra que o *tumbling*, que possui também parte de fricção, é mais eficiente que a massagem por fricção, contudo, deve ser utilizada a metodologia mais adequada para cada tipo de produto. Idealmente, o massajador (Fig. 7-A) deve estar posicionado num ângulo entre 5° e 15° [4].



**Figura 7** Representação gráfica dos equipamentos de (A) massagem de queda ou *tumbling* (B) massagem por fricção. Fonte: Knipe, C. L., 2004 [31].



Um aspeto crucial na massagem é encontrar um equilíbrio entre o nível de injeção e o programa de massagem. De forma geral, quanto maior o nível de injeção do produto, maior o tratamento mecânico necessário para se conseguir bons resultados num produto [4]. A salmoura injetada é responsável pelos efeitos químicos que acontecem durante a massagem. A massagem deve permitir a absorção e retenção de todos os ingredientes dentro do músculo, para que estes realizem a sua função com a maior celeridade e eficiência possível [4,31].

Um programa de massagem contempla três variáveis: (i) tempo de total de massagem (ii) o número de rotações por minuto e o número total de rotações e (iii) os períodos de trabalho e de repouso [24].

A massagem deve ser realizada a temperaturas inferiores a 5°C. Para tal o massajador pode ter sistema de refrigeração integrado ou pode estar localizado numa câmara de refrigeração. As baixas temperaturas são essenciais, visto que a miosina e a actina apresentam máximo de solubilidade a essas temperaturas. A manutenção da temperatura abaixo de 5°C é também importante para prevenir o crescimento bacteriano, uma vez que há alguns microrganismos que libertam gases no seu metabolismo, criando bolhas de ar que se acumulam nas peças e que são visíveis no produto final.

Há vários fatores que devem ser considerados para que o processo de massagem seja o mais rentável possível e promova as características desejadas num dado produto. Entre eles destacam-se:

- A qualidade da carne – a idade do animal, o tempo de maturação *post mortem* e o corte das peças influenciam a eficiência da massagem. Estes fatores estão relacionados com a rigidez e textura da carne, pelo que à partida carnes mais rijas necessitam de programas de massagem mais longos e mais enérgicos [29].
- Salmoura e percentagem de injeção – quanto maior a percentagem de injeção, mais demorado será o processo de massagem, uma vez que a carne tem de reter grandes quantidades de salmoura. Além disso, é necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre a constituição da salmoura e o programa de massagem, para que os ingredientes como o sal e os fosfatos consigam exercer a sua função em pleno e o resultado da massagem seja mais efetivo [4,29].
- Ocupação do massajador – se o massajador se encontrar demasiado cheio, as peças de carne não possuem espaço para cair e para massajarem entre si, não sendo submetidas a uma força mecânica intensa. Isto poderá resultar em pouca coesão entre as peças e elevada rigidez. Por outro lado, se o massajador estiver pouco cheio, a massagem será demasiado violenta, resultando numa degradação excessiva das fibras, alterando a textura desejada. Assim, no início do processo, o

massajador deve-se encontrar cheio entre 60% e 80% da sua capacidade, sendo que se pensa que a ocupação ideal é 75-80% [4].

- Superfície interna e existência de palas – há massajadores com superfícies lisas e outros com superfícies rugosas. Existem também massajadores com palas e outros sem palas. Regra geral, superfícies rugosas e a existência de palas tornam o massajador mais agressivo para a carne, reduzindo o tempo total de massagem necessário. Contudo, esta massagem mais agressiva pode resultar numa degradação das fibras da carne, que pode não ser desejado para um dado tipo de produto [4].

- Diâmetro do massajador – a distância que a carne percorre no massajador antes de cair corresponde a metade do perímetro. Uma vez que os massajadores variam de tamanho, é necessário multiplicar a distância percorrida numa volta pelo número de voltas para se obter a distância percorrida total. Este fator deve ser determinado quando um produto é massajado em massajadores de dimensões diferentes ou se pretende comparar dois massajadores, de modo garantir-se que massagem seja semelhante. Além disso, alguns autores referem que a carne deve cair cerca de 90 cm para que o efeito da massagem seja máximo [4,31].

- Tempo total de massagem e velocidade da rotação – o tempo total incluindo tempos de trabalho e tempos de repouso, e cuja proporção deve ser otimizada, possui um papel importante para a eficiência da massagem. Massagens mais longas permitem uma maior extração e solubilização das proteínas. Porém, este tempo deve ser bem regulado porque se for excessivo pode causar resultados contrários aos desejados, afetando a capacidade de retenção de água, a coesão das peças e, conseqüentemente, a aparência da fatia. De forma análoga, maiores velocidades levam a maior solubilização proteica, contudo, podem também levar a quebras significativas das fibras musculares. Deste modo, é necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre tempos de massagem, de trabalho, de repouso e velocidades [29].

- Ambiente interno – o movimento da carne espoleta a formação de espuma que desnatura as proteínas, reduzindo a ligação entre músculos e promovendo o desenvolvimento de bolhas de ar. Assim sendo, a massagem deve ser realizada sob vácuo, que aumenta a extração proteica, promove o desenvolvimento de cor devido à inexistência de O<sub>2</sub> e reduz a formação de espuma. A remoção de oxigênio leva também à inibição de bactérias aeróbias [4].

Há vários métodos de massagem baseados no número de rotações necessárias [4]:

- Massagem em contínuo – neste método a carne é massajada sob vácuo numa velocidade lenta, cerca de 2-4 rpm durante 12 a 16 horas, até que o número de rotações desejado seja atingido.

- Massagem dividida – a carne é massajada continuamente a velocidade lenta até que 50-70% das rotações totais tenham sido realizadas. Seguidamente, o produto massajado é retirado do massajador para repousar durante algumas horas, sendo colocado de novo para concluir o resto da massagem estipulada.

- Massagem por intervalos – este método consiste em combinações entre fases de trabalho e fases de repouso durante 10 a 16h. Alguns estudos indicam que este método é mais eficiente que a massagem em contínuo relativamente a rendimentos de cozedura. Isto é resultado de alterações que ocorrem nas fibras musculares durante a fase de repouso, que são potenciadas na fase de trabalho.

No final da massagem, a carne apresenta uma textura suave e elástica, sendo muito mais fácil de encher, moldar e manusear. Estes procedimentos devem ser realizados logo depois da massagem, uma vez que a camada superficial de proteína com efeito de cola torna-se mais fina com o tempo, diminuindo a coesão entre as peças e consecutivamente o aspeto compacto das fatias [4].

Até à data já foram realizados alguns estudos na otimização do processo de massagem e avaliação do impacto de algumas variáveis. Esses estudos avaliaram o efeito do tempo de massagem em contínuo (Gillett *et al.*, 1981), tempo total de massagem (Lachowicz *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2011; Pancrazio *et al.*, 2015) e o efeito da fase de trabalho e repouso (Gao *et al.*, 2014) [32-36]. Contudo, a maioria destes estudos foi realizada em escala piloto, avaliaram apenas uma variável e focaram-se essencialmente no fiambre.

## **V. Enchimento e Moldagem**

É nesta fase que o produto fica na forma em que será comercializado, depois de enchido ou enformado e, nalguns casos, prensado. O formato é posteriormente estabilizado na cozedura. As peças injetadas e massajadas são colocadas em moldes de aço inoxidável. Há uma variedade de formas para o fiambre, entre os quais circular, retangular ou em formato de pera. Tanto no fiambre como no bacon, deve haver uma superfície protetora entre a carne e o molde. Esta proteção permite uma remoção mais fácil do produto depois de cozido e impede que fique carne colada no molde, o que permite que os moldes sejam limpos mais facilmente. Além disso, impede que ocorra contaminação microbiana a partir do molde ou do ar, uma vez que a carne se encontra protegida [24].

No processo de enchimento, o fiambre é inserido numa tripa plástica, que pode ter diâmetro de grande dimensão. Estas tripas são impermeáveis podendo ter vários centímetros de comprimento. No momento do enchimento, o equipamento deve estar dotado de um sistema de compressão, de modo a que as peças cárneas sejam colocadas corretamente dentro da tripa antes de esta ser

clipsada. Assim, garante-se que as peças estão bem juntas e não há formação de espaços de ar, contribuindo para a integridade da fatia e impedindo que haja acumulação de gelatina durante a cozedura. Posto isto, cada canhão de fiambre é colocado numa forma, presente em multimoldes e prensado com a finalidade de o produto ganhar a conformação desejada para ser fatiado.

O bacon é revestido por uma folha de plástico e colocado em formas em multimoldes, sendo posteriormente prensado de modo a libertar todas as bolas de ar que possa conter e a eliminar os espaços livres impedindo a acumulação de gelatina [4].

Em alguns casos, o armazenamento dos produtos enformados a 0-2 °C durante 8 a 10 horas parece ser benéfico na medida em que melhora o sabor e o aroma, a manutenção de cor e a integridade da fatia [24].

## **VI. Cozedura e Tratamento térmico**

O processo de cozedura pode ser definido como tratamento térmico ao qual os produtos são submetidos e que resulta numa panóplia de fenómenos físico-químicos, bioquímicos e microbiológicos, que por sua vez definirão a qualidade e as propriedades organoléticas do produto final. O tratamento térmico é também designado por pasteurização quando ocorre entre 72 e 85 °C (centro térmico do produto) durante 40 a 60 minutos e visa desnaturar as proteínas, estabilizar a cor, intensificar o sabor, melhorar a textura e inativar os patogénicos. Contudo, este binómio tempo-temperatura, pode ser alterado consoante o tipo de produto. O cumprimento do binómio constitui um ponto crítico de controlo (PCC) [4].

As proteínas musculares solubilizadas pela combinação de alguns ingredientes e do processo de massagem são submetidas a um processo de desnaturação devido ao efeito do calor, resultando numa diminuição dos espaços intercelulares, levando a compactação das fibras e à formação de uma rede tridimensional capaz de reter água e de dar consistência, firmeza e coesão aos músculos. Os principais constituintes responsáveis por este desenvolvimento e estabilização são, portanto, as proteínas miofibrilares e o colagénio [37].

As fases anteriores ao tratamento térmico originam vários precursores aromáticos (ácidos gordos, triglicerídeos, fosfolípidos, péptidos, aminoácidos e açúcares) que são convertidos em compostos aromáticos (aldeídos, cetonas, lactonas, álcoois e furanos) pela ação do calor. O calor é responsável por promover uma série de reações que dão origem a estes compostos aromáticos que conferem o sabor típico aos produtos cárneos [37].

É nesta fase que o nitrosohemocromogénio é formado a partir da nitrosomioglobina que é desnaturada devido à temperatura (65 °C). Assim sendo, o pigmento rosado característico é estabilizado na fase final do tratamento térmico.

Além da melhoria das características organoléticas e estruturais, o tratamento térmico é crucial para a inativação de microrganismos, principalmente patogénicos, de modo a reduzir a carga microbiana para níveis suficientemente baixos para garantir estabilização do produto final. É de notar que quanto maior a carga microbiana inicial, mais severo terá de ser o tratamento térmico, podendo resultar em alterações indesejadas nas características sensoriais do produto [4,37].

Um processo de cozedura desadequado tem consequências para produto, podendo resultar em alterações sensoriais, perdas económicas ou ainda levar ao desenvolvimento de estirpes termorresistentes como é o caso de tratamentos térmicos cujo aumento de temperatura é lento, estando os produtos expostos temperaturas de 40-50 °C durante muito tempo. As alterações sensoriais e de rendimento estão relacionadas com a migração e libertação de água. Parte da água que se encontra ligada converte-se em água livre, consequência da diminuição da capacidade de retenção de água e do aumento da temperatura acima dos 45 °C. Com a perda de água, perdem-se também outros elementos que se encontram dissolvidos, como proteínas, colagénio, sal, fosfatos e aromatizantes. Para se contrariar esta situação, os produtos devem ser tratados termicamente por submersão em água ou utilizando calor húmido, a temperaturas não muito elevadas e durante algum tempo, mas não excessivo. A nível industrial o método mais utilizado é o tratamento térmico em estufa com vapor que mostra ser mais eficiente e prático que a cozedura a seco ou com água, por permitir uma transmissão mais rápida do calor. Algumas destas estufas industriais são ainda capazes de fazer secagem e fumagem, tornando estes passos muito mais rentáveis. Atualmente existem três métodos de cozedura, nomeadamente cozedura a temperatura constante, cozedura a temperatura decrescente e cozedura a temperatura crescente na qual se distinguem a temperatura escalonada e a cozedura Delta T. Todas elas diferem na maneira como a temperatura da estufa progride ao longo do tratamento térmico. O melhor método deve ser escolhido de modo a conseguir-se o desenvolvimento pretendido das características organoléticas, obter-se a temperatura interna adequada e um nível de pasteurização eficiente. A temperatura do núcleo é que rege o final do tratamento térmico [37].

## **VII. Secagem e Fumagem**

O passo de fumagem permite uma melhoria da cor e do sabor e aumenta o tempo de vida útil do produto. O tempo de prateleira é aumentando uma vez que o fumo contém compostos fenólicos, que

baixam pH da superfície do produto, possuindo um efeito antimicrobiano. Além disto, os compostos fenólicos apresentam atividade antioxidante. O fumo é composto ainda por ácidos orgânicos que se encontram na fase gasosa ou na fase de partículas [4].

Os produtos cárneos submetidos ao fumo, nomeadamente o bacon, devem ser primeiramente secados de modo a que a superfície absorva o fumo mais eficazmente. O processo de secagem deve ocorrer depois de o bacon ter sido cozido e desenformado, no mínimo, 12 a 14 horas depois da injeção, de modo a que haja tempo suficiente para o desenvolvimento da cor, apesar de que a secagem por si só também contribui para o desenvolvimento e estabilização da cor. O desenvolvimento da cor é potenciado pela temperatura (60-70 °C) e humidade relativa (HR) (30-40%), característicos do passo da secagem. Esta fase leva entre 30 minutos e 2 horas, dependendo do nível de fumagem que se pretende dar e do calibre dos produtos. A presença de alguma humidade relativa permite que a superfície do produto não seque na totalidade. É crucial que exista alguma humidade na superfície para que as partículas de fumo se consigam ligar a esta [4].

A etapa de fumagem decorre a 65-75 °C com humidade relativa de 50-70% durante o tempo necessário para que a cor desejada seja obtida. A humidade relativa permite a absorção mais efetiva do fumo. Além das características organolépticas e de conservação que o fumo fornece ao produto, este torna o produto mais fácil de fatiar numa fatiadora industrial devido à camada fina, mas rija que se forma na superfície do produto. O aspeto e sabor de fumado não é tão expectável em fiambres da perna extra, pelo que este passo não é utilizado no processo de fabrico deste produto [4].

### **VIII. Arrefecimento e Estabilização**

A forma como o arrefecimento é realizado pode afetar a qualidade do produto final, alterando a integridade da fatia e podendo colocar em causa o passo da pasteurização. No primeiro momento, os moldes são colocados sob chuveiros de água para reduzir gradualmente a sua temperatura. Posteriormente, o produto é colocado em refrigeração e deve permanecer cerca de 24 horas ou até que atinja os 4° C no centro térmico antes de ser desenformado. Só assim se garante que todas as características do produto se encontram estabilizadas. O arrefecimento é aplicado aos fiambres e ao bacon depois do tratamento térmico [37].

Na etapa da estabilização pretende-se que os produtos fumados como bacon arrefeçam e desidratem até atingirem as características definidas previamente. Os produtos são estabilizados em câmaras de estabilização (climas). Os climas são ventilados tendo vários parâmetros controlados, nomeadamente a temperatura, humidade relativa e velocidade do ar. Estes valores dependem do produto e da quebra associada desejada [4].

Os principais fenómenos que ocorrem nesta etapa são [4]:

- Redução da atividade da água; os microrganismos possuem menos água disponível para crescerem;
- Diminuição da massa e volume do produto (quebra) e, consequentemente, alteração da textura do mesmo;
- Otimização das características desejadas, inclusive sabor e aroma.

### **IX. Fatiamento**

O fatiamento tem-se tornado cada vez mais eficiente graças às fatiadoras industriais e automáticas, capazes de fatiar a velocidades elevadas. Para se obterem rendimentos de fatiamento satisfatórios é necessário que as peças cárneas se tenham ligado e que se tenha procedido a uma padronização do formato e do calibre. O rendimento de fatiamento é determinado pela percentagem de produto fatiado obtido a partir da massa total do produto antes de ser fatiado. Os produtos devem ser submetidos um processo leve de criogenização até se atingir a temperatura de -2 °C no interior. Assim, o produto encontra-se na consistência certa para ser fatiado. Esta etapa é altamente suscetível de contaminações, pelo que devem ser adotadas medidas rigorosas de higiene [4].

### **X. Embalamento**

Uma vez fatiado, o produto deve ser embalado imediatamente de modo a evitar alterações indesejadas no produto, como contaminações e perdas de peso. Atualmente existem várias metodologias para embalamento dos produtos acabados, que devem ser utilizadas consoante a tipologia do produto. No embalamento a vácuo todo o ar, inclusive o O<sub>2</sub> é removido da embalagem. A combinação da remoção do ar com o armazenamento a baixas temperaturas, cerca de 0 °C, retarda o crescimento microbiano e aumenta o tempo de prateleira do produto. Este tipo de embalamento é pouco vantajoso para produtos fatiados, visto que faz com que as fatias se colem umas às outras. Para tal, pode-se optar pelo embalamento em atmosfera modificada (AM), no qual todo o ar é removido e é posteriormente substituído por uma mistura de gases numa determinada proporção [4]. Normalmente, utiliza-se a mistura de 30% de CO<sub>2</sub> e de 70% de N<sub>2</sub>. Os níveis de O<sub>2</sub> na embalagem não devem ser superiores a 0,5% [10]. Acoplado com temperaturas de refrigeração, o embalamento em AM é bastante eficiente no prolongamento do tempo de vida útil do produto [4].

### **XI. Armazenamento**

Os produtos embalados devem ser armazenados em ambiente refrigerado, entre -1 °C e 4 °C, de modo se aumentar o tempo de prateleira e a manter o crescimento microbiano mínimo. Variações de

temperatura, especialmente acima de 5 °C devem ser evitadas porque (i) promovem o crescimento de bactérias deteriorantes que alteram as características do produto através da libertação de peróxido de hidrogénio ( $H_2O_2$ ), um forte agente oxidante e (ii) levam ao crescimento de *Lactobacillus* spp. que não foram destruídos durante o tratamento térmico e que produzem  $CO_2$  a partir da fermentação de açúcares, originando embalagens opadas.

Apesar de indesejado, o aparecimento de um líquido esbranquiçado pode formar-se nos produtos embalados. Este líquido indica a presença de microrganismos. Para além disto, pode ocorrer o aparecimento de um líquido transparente no fundo das cuvetes, resultado de água que efetivamente não ficou bem ligada à matriz do produto [4].



## 5. Estrutura do Projeto

O presente projeto encontra-se organizado por estudos, consoante o produto avaliado:

- Estudo I – Fiambre da perna extra;
- Estudo II – Bacon sem couro moldado.

Ambos os estudos são iniciados com acompanhamentos da produção em vigor de modo a definir-se um plano de trabalhos tendo por base os equipamentos disponíveis, as oportunidades de melhoria e os problemas aferidos no produto final (no fatiamento).

O Estudo I é constituído por dois ensaios realizados em triplicado:

- Ensaio I – Efeito da ocupação do massajador;
- Ensaio II – Efeito do tempo total de massagem.

Primeiramente é apresentada a metodologia utilizada para cada um dos ensaios, seguida dos resultados e respetiva discussão.

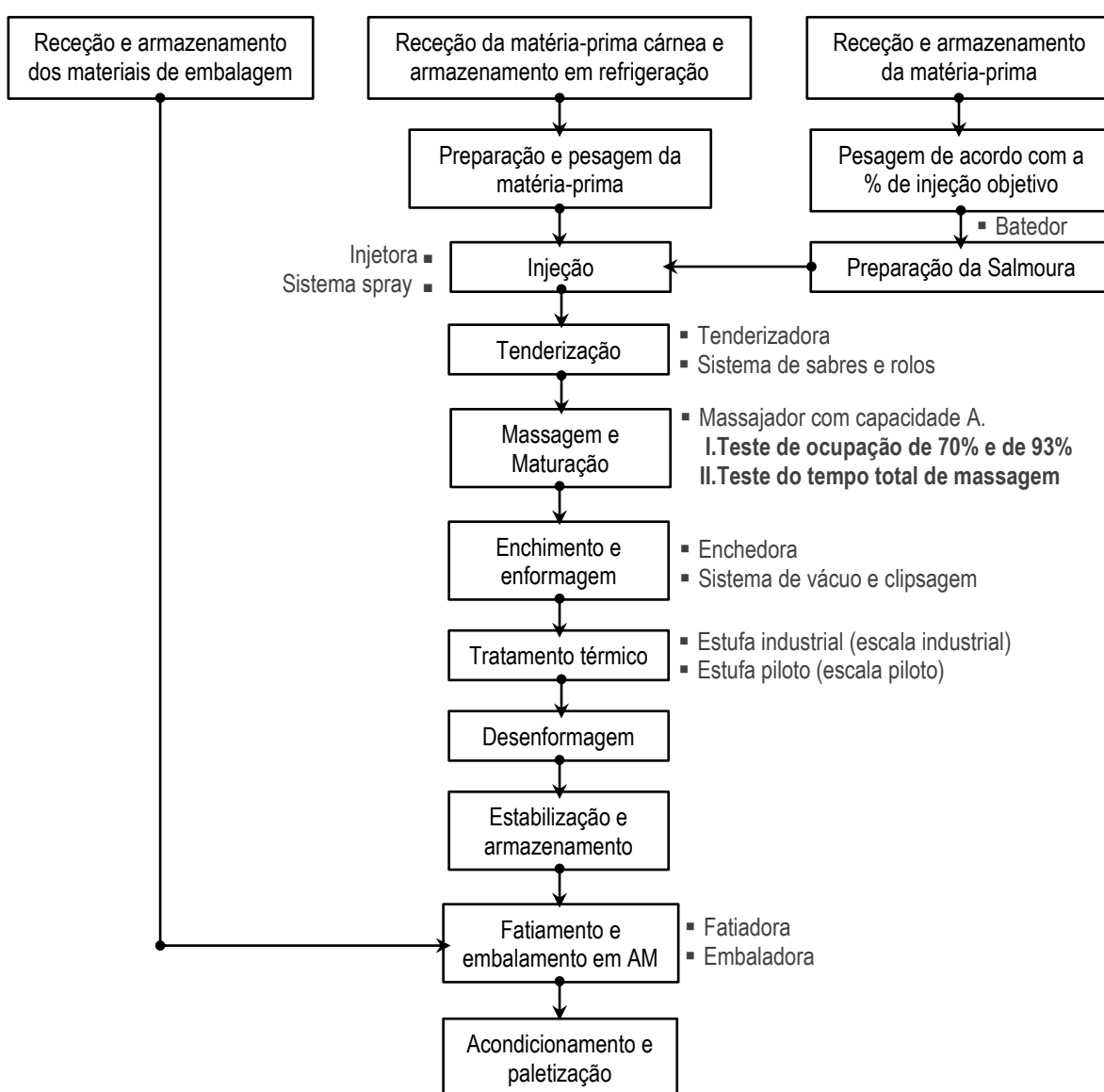
O Estudo II é composto por dois ensaios, também em triplicado, apresentados em conjunto na mesma secção. Esses ensaios avaliaram o Efeito da ocupação do massajador e o Efeito da existência de palas na superfície interna. Inicialmente apresentam-se os métodos seguidos dos resultados discussão do Estudo II.

No final, é apresentada a conclusão de ambos os estudos, bem como sugestões de desenvolvimento futuro relativamente à avaliação do impacto de diferentes tipologias de massagem e maturação tendo por base os estudos realizados.

## Estudo I – Fiambre da Perna Extra

### 6. Fluxograma do processo produtivo do Fiambre da Perna Extra

Na Figura 8 encontra-se representado o fluxograma do processo produtivo do fiambre da perna extra, contendo todas as etapas e equipamentos necessários. No caso do Ensaio I – Efeito da ocupação do massajador, a produção realizou-se de acordo com o fluxograma. No Ensaio II – Efeito do tempo total de massagem, retiraram-se cerca de 15 kg de carne injetada da produção industrial, sendo que as etapas a partir da etapa de Enchimento e Enformagem foram realizadas à escala piloto. Contudo, a produção industrial foi acompanhada até ao final como controlo. Capacidade A do massajador refere-se à maior capacidade entre os massajadores disponíveis internamente.



**Figura 8** Fluxograma do processo produtivo do fiambre da perna extra, contendo os equipamentos necessários.

## 7. Acompanhamento da produção em vigor

Antes de se iniciar o estudo de diferentes tipologias de massagens e maturação em fiambre da perna extra, acompanharam-se várias produções industriais deste produto. O estudo de diferentes variáveis na massagem surge como possível solução para reduzir a quantidade de produto não conforme por influenciar a textura e coesão do produto. Estes acompanhamentos permitiram perceber as diferentes etapas de produção e as suas funções, verificar se o produto estava a ser fabricado de acordo com o especificado e, principalmente, fazer um levantamento dos massajadores disponíveis e as respetivas características, de modo a elaborar um plano de trabalho com diferentes variáveis na massagem.

Constatou-se que o produto era fabricado de acordo com a especificação interna em vigor, produzido em diferentes quantidades de acordo com ordem de produção e direcionado para um de dois massajadores semelhantes do ponto de vista estrutural, mas com capacidades diferentes. Mesmo cumprindo vários pontos de controlo como temperaturas, percentagem de injeção, programa de massagem e tempos de estabilização, as quebras de fatiamento (produto não conforme) apresentadas na Tabela III encontravam-se acima do valor máximo aceitável, aquele que permite à empresa obter rentabilidade económica (quebra total aceitável - 3,5% definida pela empresa). Além disso, uma percentagem considerável das quebras apuradas (3,6%), devia-se à quebra por desligado/PSE (Figura 9).

**Tabela III** Quebras de fatiamento do fiambre perna extra durante o período de acompanhamento da produção em vigor.

Período de análise	Quebra total (%)	Quebra por desligado/PSE (%)	Quebra total aceitável definida pela empresa (%)
Outubro-Dezembro 2017	5,8	3,6	3,5



**Figura 9** Fatias de fiambre da perna extra consideradas como quebra por desligado/PSE.

Com base nos vários acompanhamentos, levantaram-se duas hipóteses passíveis de ser estudadas e que poderiam influenciar positivamente a quebra aceitável de fatiamento: efeito da ocupação do massajador e do tempo total de massagem. Posto isto, foram realizados vários ensaios a nível industrial, nos quais se isolaram as variáveis supracitadas.

## **8. Materiais e Métodos**

### **Ensaio em produtivo**

#### **8.1. Caracterização da matéria-prima**

Segundo especificação interna, a matéria-prima utilizada no fiambre da perna extra é a perna de suíno, com os quatro músculos constituintes (picadouro, pojadouro, posta falsa e alcatra) e apresenta os seguintes requisitos: sem couro, osso, hematomas, gorduras moles em excesso, nervos e cartilagens.

De modo a reduzir-se o impacto da variabilidade da constituição da matéria-prima, nos ensaios foram utilizadas matérias-primas de apenas um fornecedor. Além disso, essas matérias-primas foram analisadas previamente (teor em proteína, sal, gordura, colagénio e humidade) por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) com recurso ao equipamento FoodScan™ (FOSS, Dinamarca; erro associado:  $\pm 0,4$ - $0,8\%$  para gordura e humidade,  $\pm 0,3$ - $0,6\%$  proteína,  $\pm 0,1$ - $0,4\%$  sal e colagénio), que utiliza o modelo de calibração de rede neural artificial. Com esta análise foi possível apurar se as matérias-primas cumpriam a especificação (intervalo de valores de gordura e proteína estipulados internamente) e se variavam pouco entre ensaios. Para tal, picaram-se e homogeneizaram-se 3 kg de perna de suíno. Seguidamente, pesaram-se 10 porções de 150 g da carne picada que, individualmente, foram analisadas no equipamento FoodScan™. Esta análise foi realizada uma vez por cada três ensaios industriais.

#### **8.2. Ensaio I - Efeito da ocupação do massajador**

A ocupação do massajador é um dos parâmetros da massagem com pertinência de ser avaliado, uma vez que o grau de espaço livre pode ter um impacto na intensidade da massagem. À partida, mais espaço livre significa mais energia na queda e também mais fricção entre as peças cárneas, e pelo contrário, menos espaço livre leva à dominância de massagem apenas por fricção. Uma maior intensidade da massagem pode levar à maior extração e solubilização da proteína, ou por outro lado a uma degradação da estrutura da carne levando à menor retenção da salmoura, pelo que o seu impacto deve ser avaliado [4].

### 8.2.1 Acompanhamento de processo

A avaliação do impacto da ocupação do massajador foi realizada em triplicado, monitorizando seis produções industriais. Assim sendo, realizaram-se seis acompanhamentos, três para o estudo da massagem decorrida no massajador com 70% de ocupação máxima e outros três para a análise da massagem quando o massajador se encontra lotado em 93% da sua capacidade. Estes valores de ocupação foram escolhidos durante o acompanhamento das produções em vigor por serem os mais comuns consoante as quantidades patentes nas ordens de produção.

Cada um dos seis acompanhamentos foi detalhadamente registado, de modo a verificar-se se ocorriam desvios ao processo, se as réplicas ocorriam nas mesmas condições e se os estudos eram comparáveis entre si.

#### I. Monitorização da preparação da Matéria-prima, Salmoura, Injeção e Tenderização

A matéria-prima foi pesada consoante a ordem de produção e analisada visualmente antes da injeção. Posto isto, determinaram-se os valores de pH e temperatura de várias peças cárneas por produção. O pH foi medido no músculo picadouro, pois este músculo é o mais propenso a desenvolver PSE, e deve oscilar entre 5,6 e 6,0 [24]. A temperatura da carne deve-se encontrar entre 0 e 5 °C. Matérias-primas que não se encontraram dentro destes intervalos de temperatura e pH e simultaneamente com teores de gordura e proteína fora do intervalo especificado internamente (resultados da análise por NIR) foram rejeitadas.

A preparação da salmoura foi também acompanhada. Garantiu-se a adição da quantidade correta da água e do gelo ao misturador, verificou-se se os ingredientes foram adicionados pela ordem estipulada e mediu-se a temperatura final da salmoura, que se deve encontrar entre -2 e 2 °C [4]. Além disso, foram ainda registadas outras situações, como o aspeto final da salmoura, a possível formação de grumos e ainda a formação indesejável de espuma.

A injeção decorreu numa injetora com dois conjuntos de agulhas e que possuía na sua constituição tenderização sabres. Inicialmente realizou-se um teste de injeção com cerca de 50 kg de carne, de modo a se otimizar os parâmetros de injeção, como a velocidade do tapete e a pressão da salmoura nas agulhas. Seguidamente, procedeu-se à injeção determinando a percentagem de injeção obtida a cada 500 kg de carne. No caso de a injeção estar distante da pretendida, os parâmetros foram regulados. A percentagem de injeção é calculada de acordo com a seguinte relação:

$$\text{Injeção (\%)} = \left( \frac{m_{\text{carne}} (\text{kg}) + m_{\text{salmoura injetada}} (\text{kg})}{m_{\text{carne}} (\text{kg})} - 1 \right) \times 100$$

Durante a injeção foram observados e controlados vários aspetos como a colocação correta da carne na injetora, a variação de temperatura e pH da salmoura e da carne injetada. O nível de aperto da tenderizadora de rolos foi também verificado, visto que a carne injetada foi submetida à etapa de tenderização, na qual cortes profundos são feitos nas peças cárneas por lâminas.

No final, fizeram-se os cálculos para a quantidade total de carne. Adicionou-se ao massajador a quantidade de salmoura correspondente à diferença em termos percentuais entre a injeção obtida nesta etapa e a percentagem de injeção especificada para este produto. A quantidade de salmoura que pode ser adicionada tem de ser, obrigatoriamente, inferior a 5 pontos percentuais para este tipo de produto [4].

## **II. Massagem, Maturação e Enformagem**

As massagens decorreram num massajador com capacidade A (massajador com maior capacidade disponível internamente) e com palas na superfície interna (Fig. 7-A). Em ambas as ocupações, a etapa de massagem e maturação teve a duração especificada internamente, sendo que o programa predefinido era constituído por mais de um método de massagem referidos na secção 4.5.2 – IV da Revisão Bibliográfica (informação confidencial).

Após a massagem, a carne massajada foi cheia sob vácuo em tripa de plástico e posteriormente clipsada e enformada com peso e dimensões de acordo com a especificação interna. Antes do enchimento, retiraram-se algumas peças cárneas imediatamente após a abertura do massajador. Foi medida a temperatura e pH da carne retirada e realizaram-se 5 medições da atividade da água no higrómetro (Aqualab, EUA; erro associado:  $\pm 0,001$ ) de porções (1,5x1,5x0,5 cm) da zona central de diferentes peças. Além disso, observou-se a cor interna do músculo para verificar se a nitrificação tinha ocorrido.

## **III. Tratamento térmico e estabilização**

O tratamento térmico decorreu com humidade em estufas, sendo que esta etapa segue um programa predefinido. Os gráficos de cozedura foram analisados e verificados, de modo a validar o cumprimento do binómio tempo/temperatura definido para o tratamento térmico. Após o tratamento térmico, os moldes eram arrefecidos até à temperatura de máxima de 4 °C, sendo este um passo limitante [37]. A temperatura de desenformagem foi também registada.

Posto isto, os canhões de produto ficaram a estabilizar em refrigeração durante 7 dias, no mínimo, até ao seu fatiamento.

### 8.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras

Logo após a entrada do produto na sala de fatiados, este foi submetido a um processo de criogenação leve. Com este processo, os produtos ficam a uma temperatura ótima para fatiar. A temperatura foi medida no centro térmico e na superfície (cumprimento das temperaturas de acordo com especificação interna). Posteriormente, todo o processo de fatiamento foi acompanhado. O aspeto e integridade da fatia foram analisados e ajustou-se a velocidade de corte consoante a textura e dureza do produto a ser fatiado.

Ao longo do fatiamento foram contabilizados os desperdícios (quebras), que foram separados consoante o motivo: Desligado/PSE, Outro: quebra de fatiadora (pontas do canhão), caído da fatiadora, entre outros. Cada um dos grupos de desperdício foi pesado no final do processo e, seguidamente, apuraram-se as quebras de fatiamento (%) de acordo com a seguinte relação:

$$\text{Quebra total} = \frac{\text{Quantidade consumida (kg)} - \text{quantidade produzida (kg)}}{\text{Quantidade consumida (kg)}} \times 100$$

Além disso, calculou-se a quebra obtida (%) por cada motivo:

$$\text{Quebra} = \frac{\text{Desperdício motivo (kg)}}{\text{Quantidade consumida (kg)}} \times 100$$

### 8.2.3 Análise de exposição em linear

Depois do fatiamento, foram expostas em linear (condições de temperatura inferiores a 5 °C e exposição constante à luz artificial) 30 cuvetes de fiambre da perna extra proveniente de cada réplica durante 35 dias. De 5 em 5 dias, as cuvetes foram analisadas visualmente, de modo a observar a formação de exsudado e a ocorrência de oxidação. Além disso, em cada controlo foi retirada aleatoriamente uma cuvette do linear e o exsudado foi pesado. No último controlo (35º dia) pesou-se o exsudado de todas as cuvetes remanescentes.

## 8.3 Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem

Outro parâmetro da massagem e maturação com pertinência de ser avaliado é o tempo total do programa, de modo a aferir o impacto de maior ou menor tempo desta etapa. Do ponto de vista da produtividade da empresa, quanto menos tempo de massagem melhor. Contudo, o desenvolvimento das características desejadas no produto, pode implicar mais tempo de massagem e maturação. Por outro lado, um excesso de tempo de massagem pode tornar o produto muito seco e desestruturado [4].

### 8.3.1 Acompanhamento de processo

#### I. Monitorização da preparação da Salmoura e Injeção

O acompanhamento destas etapas decorreu de forma similar à descrita no tópico 8.2.1. do Estudo I.

#### II. Massagem e Maturação

A massagem decorreu no mesmo massajador do Ensaio I com capacidade A (massajador com maior capacidade disponível internamente) e com palas na superfície interna. Foi aplicada a ocupação de 93% neste estudo tendo por base os resultados obtidos no Ensaio I – Efeito da ocupação do massajador. A massagem ocorreu *overnight* e teve duração em vigor (em especificada interna), sendo que o programa predefinido era constituído por mais de um método de massagem referidas na Secção 4.5.2 – IV (informação confidencial). Em simultâneo, de modo a observar o impacto de menos horas na massagem retiraram-se cerca de 5 kg de carne massajada do massajador duas horas ( $t = -2h$ ) antes e uma hora ( $t = -1h$ ) antes do final da etapa de massagem e depois no tempo total da massagem ( $t = h$  em vigor), especificado internamente.

### 8.3.2 Enformagem, tratamento térmico e fatiamento e análise em escala piloto

#### I. Enformagem, tratamento térmico

Os 5 kg de carne retirados do massajador às  $t = -2h$ ,  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor foram sujeitos a algumas análises. Primeiramente foi medida a temperatura e pH da carne e realizaram-se 5 medições da  $a_w$  no higrómetro (Aqualab, EUA; erro associado:  $\pm 0,001$ ) de porções (1,5x1,5x0,5 cm) da zona central de diferentes peças. De seguida, observou-se a cor interna de vários músculos para observar a ocorrência da nitrificação e, ainda, o efeito “cola” da massa.

As restantes etapas do fabrico de fiambre utilizando as massas provenientes de diferentes tempos de massagem foram realizadas em escala piloto. Contudo, a restante massa com  $t = h$  em vigor de massagem o prosseguiu o fluxo de fabrico à escala industrial de forma similar à descrita na Secção 8.2.1 e o seu fatiamento/apuramento de quebras foi acompanhado (Secção 8.3.3).

Retiraram-se 3 porções de 1 kg dos 5 kg da massa das diferentes horas de massagem, que foram colocadas manualmente dentro de uma tripla plástica. Os 9 fiambres de 1 kg foram submetidos a vácuo, clípsados e enformados em formas pequenas em forma oval.

O tratamento térmico ocorreu na estufa piloto e seguiu o mesmo programa utilizado na produção a nível industrial. De seguida, arrefeceram-se as formas até à temperatura de 4 °C, que ficaram a estabilizar durante 7 dias em refrigeração até à sua análise.



## II. Fatiamento em escala piloto e análise sensorial

Depois de desenformado e estabilizado durante 7 dias, os fiambres da perna extra com diferentes tempos de massagem foram fatiados e analisados relativamente à  $a_w$  (higrómetro - Aqualab, EUA; erro associado:  $\pm 0,001$ ) (5 medições, dimensões: 1,5x1,5x0,5 cm) e ao teor em humidade (*Moisture Analyzer* - Ohaus, EUA; erro associado:  $\pm 0,1\%$ ), (3 medições, peso da fatia: 3 g).

Os três fiambres foram analisados sensorialmente por um painel não treinado composto por quatro membros do Departamento Técnico e decorreu numa perspetiva de *free-choice profiling*. Analisaram-se várias características, nomeadamente a textura na boca, humidade, sabor e elasticidade. Nesta perspetiva de análise sensorial com base em testes afetivos, o painel registou na folha de prova (**Anexo A**) a perceção de cada atributo em estudo para cada fiambre. Assim, realizou-se uma análise comparativa entre as amostras com diferentes tempos totais de massagem e maturação. Aquando da degustação de cada amostra codificada, foi pedido a cada participante que classificasse os vários atributos considerados, indicando a amostra que melhor e pior foi de encontro com o expectável para a tipologia de produto em questão.

### 8.3.3 Fatiamento e apuramento de quebras em escala industrial

O processo industrial do fabrico do fiambre da perna extra, com  $t=h$  em vigor de massagem, foi acompanhado em todas as etapas tal como descrito no Ensaio I. Este acompanhamento serviu como controlo, de modo a perceber se os resultados do Ensaio II permitiam de tirar conclusões. Isto foi possível, uma vez que o Ensaio II decorreu nas mesmas condições que o Ensaio I – ocupação a 93%.

O fatiamento e apuramento de quebras foi realizado de acordo com as expressões patentes no tópico 8.2.2.

## 8.4 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico foi realizado recorrendo ao software *GraphPad Prism* versão 6.0. No caso de dois grupos de dados, como os da ocupação do massajador foi, primeiramente, aplicado o teste de normalidade *D'Agostino & Pearson omnibus*. Posto isto, baseado no facto de seguirem ou não uma distribuição normal, esses valores foram submetidos a análise de teste *t de student* ( $P < 0,05$ ). De modo a analisar o impacto do tempo total de massagem de massagem procedeu-se à análise por comparações múltiplas recorrendo a *one-way ANOVA*.

## 9. Resultados e Discussão

### 9.1 Caracterização da matéria-prima

Os valores médios percentuais de cada constituinte para as várias análises encontram-se apresentados na Tabela IV. No que respeita à constituição, a matéria-prima manteve-se semelhante entre os vários ensaios, encontrando-se dentro dos valores especificados internamente para esta tipologia de produto. Assim, garantiu-se a uniformidade da matéria-prima ao longo dos Ensaios I e II do fiambre da perna extra.

**Tabela IV** Composição dos músculos constituintes da perna de suíno.

	Colagénio (%)	Gordura (%)	Proteína (%)	Humidade (%)	Sal (%)
Análise I	0,95±0,08	3,34±0,24	20,99±0,33	74,53±0,31	0,58±0,17
Análise II	0,92±0,14	3,52±0,40	22,24±0,28	73,01±0,23	0,50±0,14
Análise III	0,88±0,11	3,94±0,31	21,42±0,22	73,40±0,18	0,56±0,14

### 9.2 Ensaio I - Efeito da ocupação do massajador

#### 9.2.1 Acompanhamento de processo

Os dados recolhidos durante a monitorização dos seis acompanhamentos encontram-se compilados na tabela V.

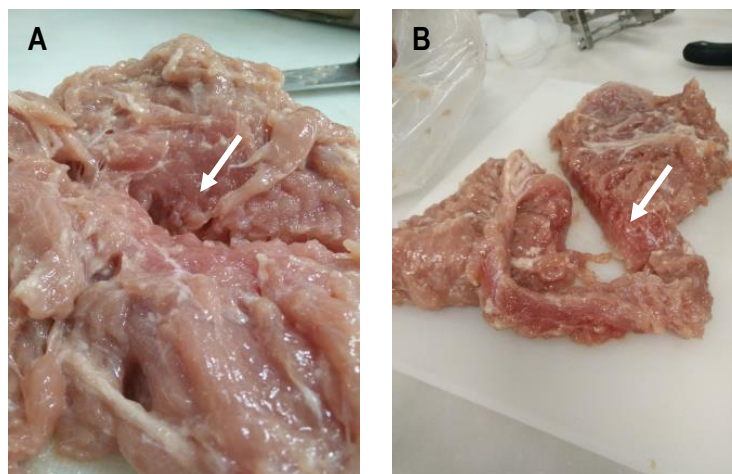
A matéria-prima mostrou-se conforme ao longo dos acompanhamentos, encontrando-se dentro do intervalo de temperaturas (0-5 °C) e pH (5,6-6,0) recomendado na bibliografia.

A preparação da salmoura decorreu dentro da normalidade e a temperatura final cumpriu a especificação (-2 a 2 °C), exceto num dos acompanhamentos. Neste caso, seguiu-se um procedimento interno.

A etapa de injeção decorreu conforme o esperado, sendo necessário em alguns casos a adição de salmoura livre ao massajador, correspondente à diferença dos pontos percentuais entre a injeção obtida e a especificada. Contudo, este diferencial foi sempre inferior a 2 pontos percentuais, pelo que a salmoura foi adicionada ao massajador logo no início da etapa da massagem. A temperatura da carne injetada não ultrapassou os 5 °C, estando protegida do ponto de vista microbiológico e encontrando-se na temperatura que leva a uma maior solubilização da miosina [4].

A massagem e maturação ocorreram a temperaturas de refrigeração e não se observaram mudanças significativas do pH da carne durante nesta etapa. Logo após o final da massagem, abriram-se as peças cárneas de modo a se verificar se a nitrificação tinha ocorrido homoganeamente. No geral, notou-se que as peças cárneas resultantes da massagem a 70% (Fig. 10-A) apresentaram

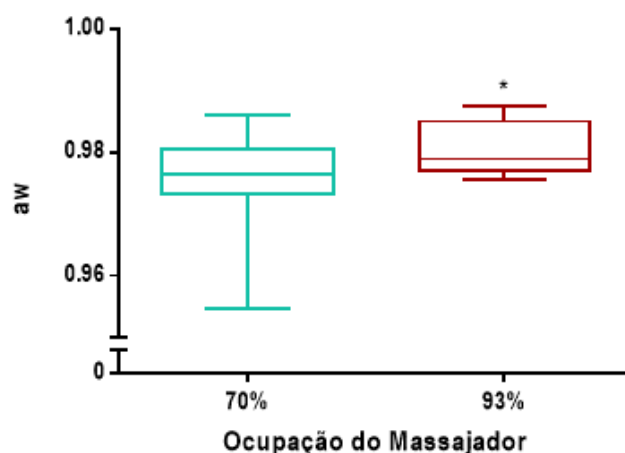
cor menos avermelhada que as que foram massajadas no massajador com ocupação 93% (Fig. 10-B). Esta diferença pode-se dever ao facto de a massagem ser mais enérgica quando a ocupação é de 70%, levando a uma distribuição mais homogénea da salmoura no interior da carne. Contudo, esta análise visual preliminar não implica que a nitrificação não possa ocorrer na totalidade quanto potenciada pela temperatura durante o tratamento térmico [4].



**Figura 10** Grau de nitrificação no interior das peças cárneas massajadas com ocupação do massajador **A** a 70% (mais rosada) **B** a 93% (mais avermelhada).

Apesar de se encontrarem no mesmo intervalo de valores, os valores determinados para a  $a_w$  das peças cárneas massajadas com ocupação de 70% são significativamente inferiores ( $P < 0,05$ ) aos valores da carne massajada com ocupação de 93% (Fig. 11). À semelhança da nitrificação, esta ligeira redução do valor de  $a_w$  pode-se dever, eventualmente, à maior energia mecânica a que a carne esteve sujeita na massagem a 70%, o que pode ter levado a uma maior incorporação da água nas fibras cárneas.

Relativamente ao tratamento térmico, os gráficos de estufa dos seis ensaios foram analisados. Concluiu-se que todas as produções seguiram o mesmo programa e cumpriram o binómio tempo/temperatura estipulado. Em quatro dos seis ensaios, a desenformagem ocorreu a uma temperatura superior à recomendada pela literatura [37]. A temperaturas superiores a 4°C, a rede tridimensional pode não estar ainda totalmente estabilizada, o que pode conduzir à perda da coesão entre as peças cárneas e à migração de água, resultando na desintegração da fatia durante o fatiamento e na formação de exsudado durante o tempo de exposição em cuvette [4].



**Figura 11** Valores de atividade da água ( $a_w$ ) apurados das porções interiores das peças cárneas massajadas em ocupação de 70% (verde) e 93% (vermelho). No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respectivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os dados de  $a_w$  determinados. \* $P < 0,05$

Da análise dos dados de acompanhamento depreende-se que os ensaios ocorreram nas mesmas condições, pelo que podem ser considerados como réplicas dentro da mesma ocupação na massagem e são comparáveis entre as diferentes ocupações na massagem.

### 9.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras

Durante o fatiamento de ambos os testes de ocupação do massajador, denotou-se a ocorrência de quebras por desligado devido a acumulações de gelatina, de gorduras moles ou ainda zonas mais secas, possivelmente devido a carne PSE que não incorpora salmoura, devido à desnaturação das proteínas, resultado do abaixamento do pH (Fig. 12). As proteínas no estado desnaturado possuem menor capacidade de retenção de água [5]. A quebra por desligado/PSE registada foi inferior à apurada durante o período de acompanhamento da produção em vigor (3,6%), exceto no lote 542.

De forma global, a quebra por desligado/PSE foi inferior nos ensaios com ocupação do massajador a 93% comparativamente com os ensaios com ocupação a 70% (Tabela VI). A quebra por desligado por ensaio foi 0,5 pontos percentuais (pp) menor no ensaio da ocupação de 93% comparativamente com ocupação de 70%, sendo que o Outro motivo foi semelhante entre ambos os ensaios. A quebra total, contabilizando os vários motivos, foi menor 0,59 pp no ensaio com ocupação de 93%. Com o apuramento das quebras conclui-se que nenhuma das ocupações do massajador estudadas, por si só, é capaz de diminuir a quebra total para 3,5% e de tornar o produto com uma coesão tal que permita que a quebra por desligado/PSE seja quase inexistente (Fig. 13). Contudo, é de notar que poderão haver outras interações (matéria-prima com zonas PSE, T de desenformagem, precisão dos equipamentos) além da massagem, que podem ter implicação nestes resultados, uma vez que o processo de fabrico é bastante complexo.

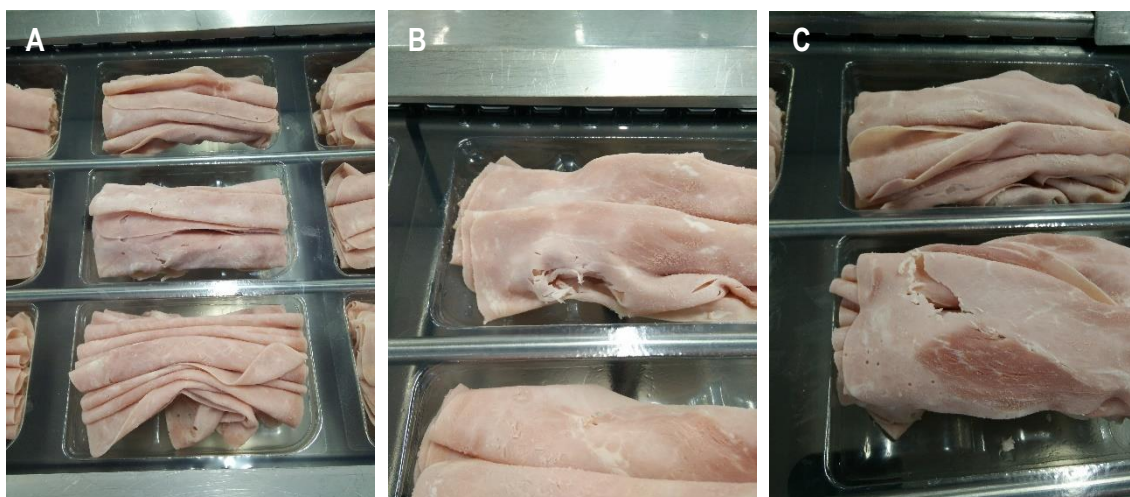
**Tabela V** Compilação dos dados resultantes da monitorização dos seis acompanhamentos de processo do Ensaio I - Efeito da ocupação do massajador.

Acompanhamento e registo de produção														
Teste	Lote	Matéria-prima		Salmoura	Injeção			Massagem				Tratamento-térmico		Estabilização
		T (°C)	pH	T final (°C)	Ajuste (pp) de salmoura para atingir injeção objetivo	T (°C) da carne injetada	pH (°C) da carne injetada	Tempo total (h)	T (°C) da carne no final	pH da carne no final	a <sub>w</sub> da carne massajada	PCC T <sub>núcleo</sub>	Abertura moldes (°C)	Dias até fatiar
Ocupação do Massajador a 93%	161	5,0	5,98	0,3	0,57	5,3	6,00	✓	5,1	6,12	0,9820	✓	2,9	11
	520	3,8	5,88	-1,5	1,98	3,8	6,20	✓	5,7	6,03	0,9785	✓	9,0	7
	567	4,9	5,85	-2,0	1,54	4,8	6,08	✓	4,8	6,11	0,9810	✓	12,0	11
Ocupação do Massajador a 70%	542	3,6	6,03	-0,8	1,58	3,8	5,84	✓	5,0	5,97	0,9702	✓	8,2	7
	784	4,9	5,81	-3,7	0,00	5,0	6,06	✓	5,1	6,19	0,9776	✓	2,5	14
	252	4,5	5,77	-1,3	1,86	4,3	6,27	✓	4,9	6,21	0,9777	✓	12,0	9
Critérios de aceitação		0-5	5,6 a 6,0	-2,0 a 2,0	≤ 5 pontos percentuais	0 a 5		Duração em vigor	0 a 5			Pasteurização binómio t/T	≤ 4	≥ 7

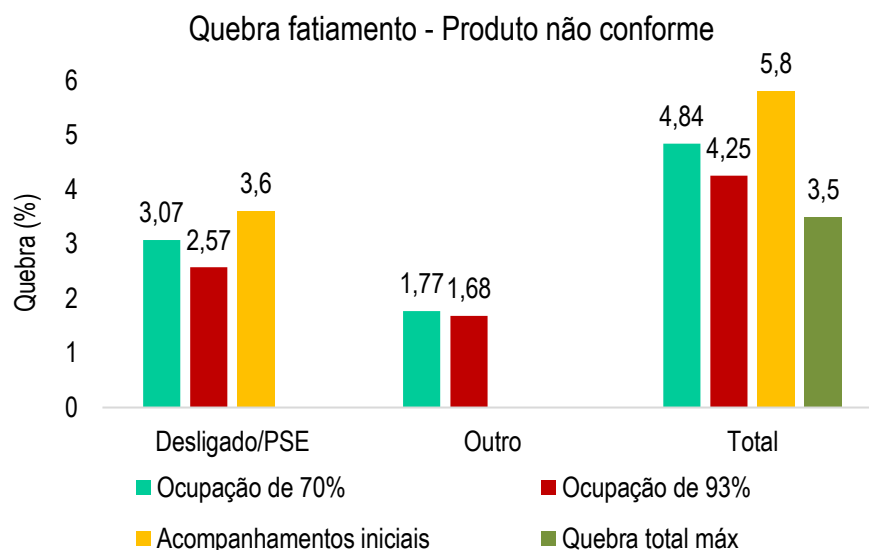
**Tabela VI** Compilação dos dados de fatiamento e apuramento das respetivas quebras do Ensaio I - Efeito da ocupação do massajador.

Acompanhamento e registo de produção												
		Criogenação			Fatiamento e Embalamento		Quebras de Fatiamento (%)			Quebra fatiamento teste (%)		
Teste	Lote	t (min)	T <sub>superfície</sub> (°C)	T <sub>núcleo</sub> (°C)	AM	Embalagem (g)	Desligado/PSE	Outro	Total	Desligado/PSE	Outro	Total
Ocupação do Massajador a 93%	161	10	✓	✓	✓	225	2,61	1,41	4,02	2,57	1,68	4,25
	520	10	✓	✓	✓	225	2,77	1,83	4,60			
	567	11	✓	✓	✓	225	1,02	2,09	3,11			
Ocupação do Massajador a 70%	542	11	✓	✓	✓	225	3,88	2,33	6,20	3,07	1,77	4,84
	784	10	✓	✓	✓	225	3,58	1,60	5,17			
	252	9	✓	✓	✓	225	2,94	1,98	4,92			

AM: Atmosfera Modificada



**Figura 12** Exemplos de fatias **A** conformes, **B** desligadas devido a carne PSE e **C** com desligamento por desintegração dos músculos.

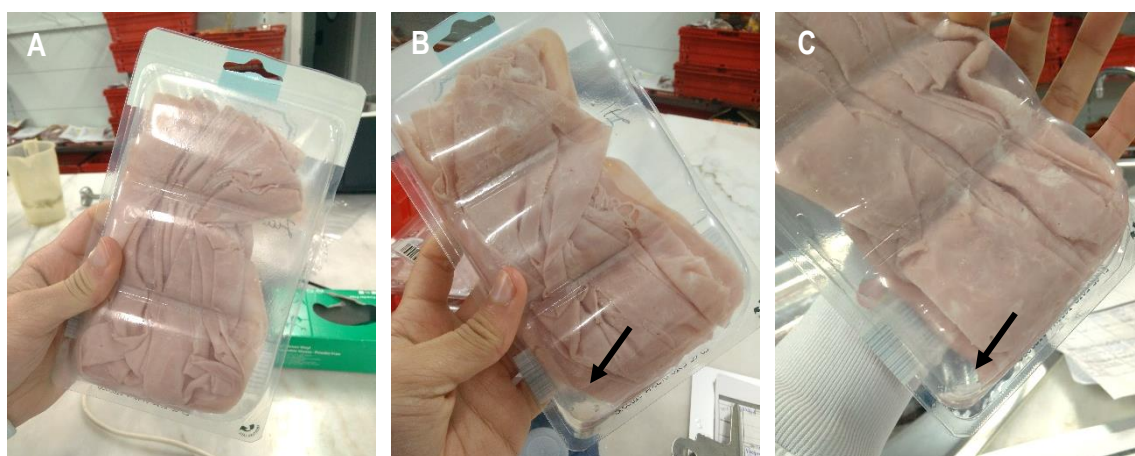


**Figura 13** Quebras de fatiamento por motivo do fiambre da perna extra (Desligado/PSE e outro) e quebra total para os dois ensaios de ocupação de 70% e de 93%, acompanhamentos iniciais da produção em vigor e limite máximo de quebra total aceitável.

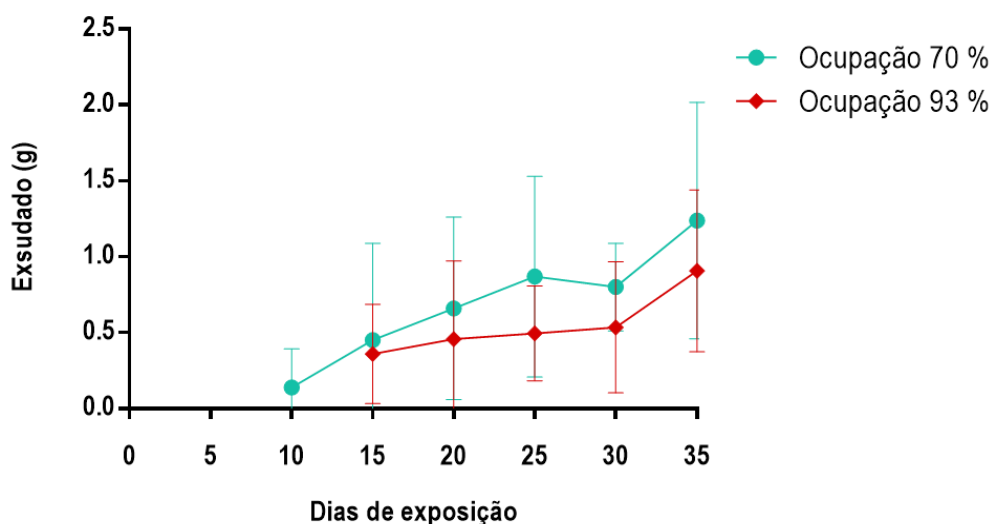
### 9.2.3 Análise de exposição em linear

Durante o tempo de exposição à luz artificial em linear notou-se uma formação e acumulação crescente de exsudado no fundo da cuvete (Fig. 14). A formação de exsudado ocorreu mais cedo nos ensaios de ocupação de 70%, logo no 10º dia de exposição. Por outro lado, nos ensaios de ocupação de 93% o exsudado só se registou no 15º dia de exposição (Fig. 15). Contudo, em nenhum dos ensaios se verificou o retardamento da formação de exsudado para os últimos dias do tempo de vida útil. O exsudado é considerado um problema pelo consumidor, que opta por não comprar cusetes em que este esteja visível.

De forma global, a quantidade de exsudado (valor médio) presente nos ensaios de ocupação de 70% foi superior em todos os controlos realizados ao longo do tempo de vida útil. Devido à maior quantidade de valores disponíveis, e por ser o último, o controlo no 35º dia foi utilizado para tratamento estatístico (Fig. 16). Apesar de os ensaios de 70% de ocupação terem resultado numa maior quantidade de exsudado, a diferença entre ensaios não é significativamente diferente ( $P>0,05$ ). A ocorrência de oxidação nas fatias, zonas mais amareladas, não foi verificada para nenhum dos ensaios de ocupação.

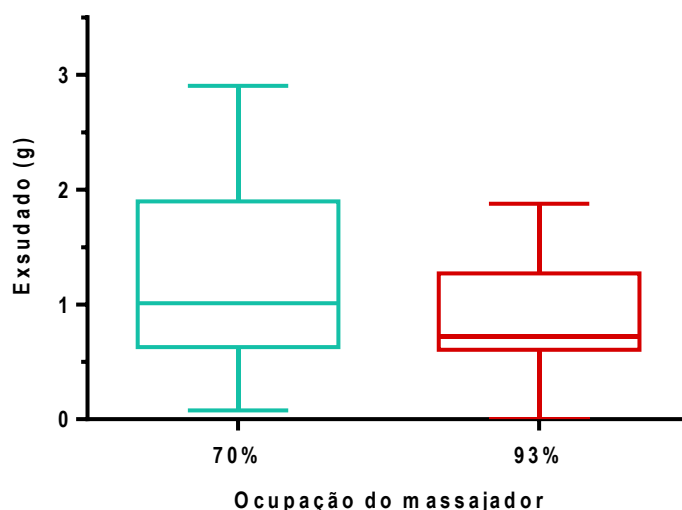


**Figura 14** Exemplos de cuvetes de fiambre da perna extra **A** sem exsudado (dia 0), **B** com exsudado acumulado no fundo (35º dia - ensaio com ocupação de 70%) e **C** com exsudado acumulado no fundo (35º dia - ensaio com ocupação de 70%).



**Figura 15** Quantidade de exsudado acumulado ao longo do tempo de vida útil no fundo da cuvette referente aos ensaios com ocupação de 70% (verde) e 93% (vermelho). As barras superior e inferior representam o desvio padrão.





**Figura 16** Quantidade de exsudado acumulado no 35º dia de exposição em linear no fundo da cuvette referente aos ensaios com ocupação de 70% (verde) e 93% (vermelho). No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respetivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os valores de massa de exsudado determinados.

Em notas gerais, do ensaio de ocupação do massajador conclui-se que a opção de se realizar a massagem numa das ocupações estudadas não irá reduzir significativamente os valores de produto não conforme superiores ao desejado e a formação de exsudado a meio do tempo de vida útil. Contudo, em cinco dos seis acompanhamentos realizados, tanto a quebra total como a por desligado/PSE foi inferior à apurada durante o tempo de acompanhamento da produção em vigor. Isto pode ser resultado da (i) monitorização do fabrico e/ou (ii) utilização deste massajador (capacidade A e palas na superfície interna) ao invés do outro usado normalmente (capacidade inferior a capacidade A e com palas) no processo produtivo, e que resulta numa tipologia de massagem um pouco diferente: ocupação diferente e menos distância percorrida dentro do massajador.

Apesar dos valores de  $a_w$  da carne massajada serem inferiores no teste de ocupação de 70% relativamente aos testes de ocupação de 93%, quando expostas em linear, as fatias do fiambre da perna extra resultantes destes testes exsudaram mais e mais cedo. Isto pode-se ter devido ao facto de a força mecânica ter, durante a massagem, levado a uma retenção maior da água, mas que simultaneamente pode ter destruído mais as fibras cárneas, levando a uma perda de água a jusante [4]. Assim, sabendo que na ocupação de 93% a massagem que prevalece é a por fricção, esta tipologia de massagem parece ser mais indicada para esta tipologia de produto que a massagem por queda, levando a uma ativação da proteína que resulta no melhor comportamento durante o fatiamento e exposição em linear.



A massagem com ocupação de 93% representou melhores resultados a jusante, nomeadamente percentagens de quebra mais baixas e menor acumulação de exsudado durante o tempo de vida útil do produto, pelo que esta percentagem de ocupação foi adotada para o Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem. É de mencionar que esta percentagem de ocupação é superior à ocupação ideal de 60-80% recomendada na bibliografia, que se pode dever às características do produto estudado [4].

### **9.3 Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem**

#### **9.3.1 Acompanhamento de processo**

Os dados recolhidos durante a monitorização do Ensaio II – Efeito do tempo total de massagem encontram-se compilados na tabela VII. A matéria-prima mostrou-se conforme neste ensaio, uma vez que se encontrava dentro do intervalo de temperatura (0-5 °C) e pH (5,6-6,0) recomendado na bibliografia, tendo prosseguido para a etapa de injeção.

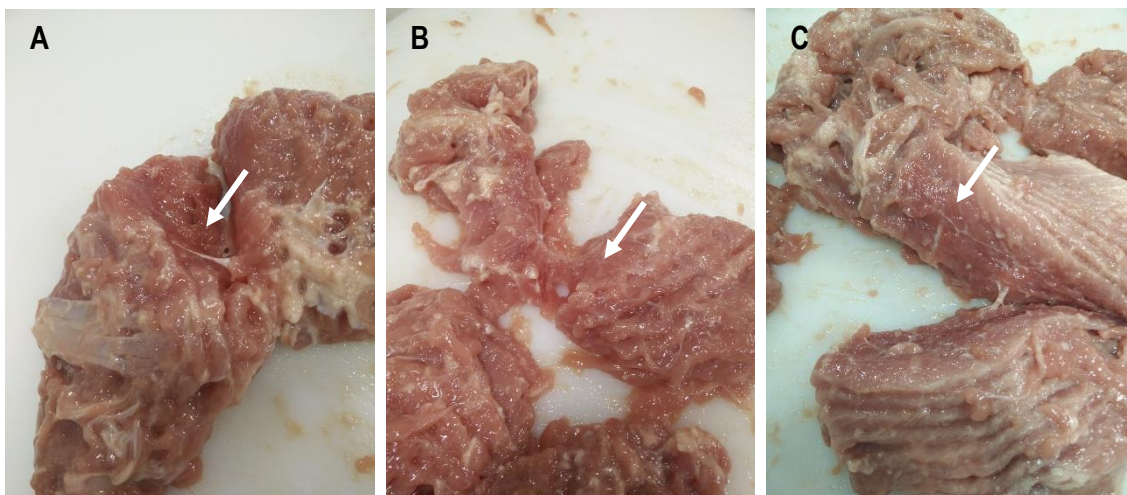
A preparação da salmoura decorreu dentro do esperado e a temperatura final cumpriu o intervalo estipulado (-2 a 2 °C). A etapa de injeção decorreu de acordo com o especificado, sendo necessária a adição de salmoura livre ao massajador correspondente apenas a 0,3 pp. À semelhança dos ensaios do Estudo I, a temperatura da carne injetada não ultrapassou os 5 °C, estando protegida do ponto de vista microbiológico.

A etapa de massagem e maturação ocorreu em temperaturas de refrigeração (<5 °C) e não se observaram mudanças significativas do pH da carne com tempo total de massagem de  $t = -2h$ ,  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor.

#### **9.3.2 Análise em escala piloto**

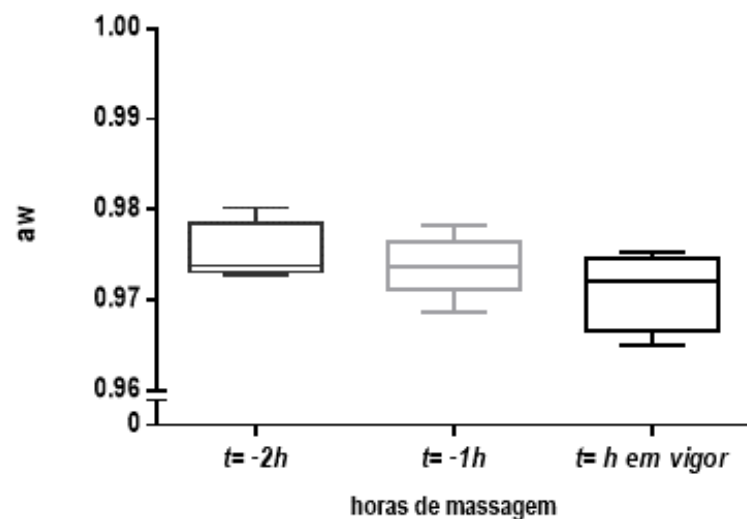
##### **I. Análise da carne massajada**

A carne com diferentes tempos de massagem foi analisada visualmente e recorrendo a um higrómetro. Independentemente da duração da massagem ( $t = -2h$ ,  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor), qualitativamente, a massa mostrou ter bom efeito “cola” (extração e solubilização da proteína), contudo, as peças cárneas com  $t = -2h$  de massagem pareceram estar mais intactas que as de  $t = h$  em vigor, o que pode trazer problemas a jusante na etapa de enchimento. Relativamente à nitrificação,  $t = -2h$  parecem ser suficientes para que a reação tenha impacto. A cor no interior das peças cárneas foi muito semelhante nos três testes de massagem realizados, apesar de a massagem de  $t = h$  em vigor ter resultado em peças cárneas menos avermelhadas (Fig. 17).



**Figura 17** Grau de nitrificação no interior das peças cárneas com tempo de massagem total de **A**  $t = -2h$ , **B**  $t = -1h$  e **C**  $t = h$  em vigor.

Os valores de  $a_w$  medidos na zona central das peças cárneas tenderam a diminuir com as horas de massagem, apesar de não serem significativamente diferentes (Fig. 18). Esta ligeira diminuição é indicativa da ligação da água às proteínas cárnicas [4].



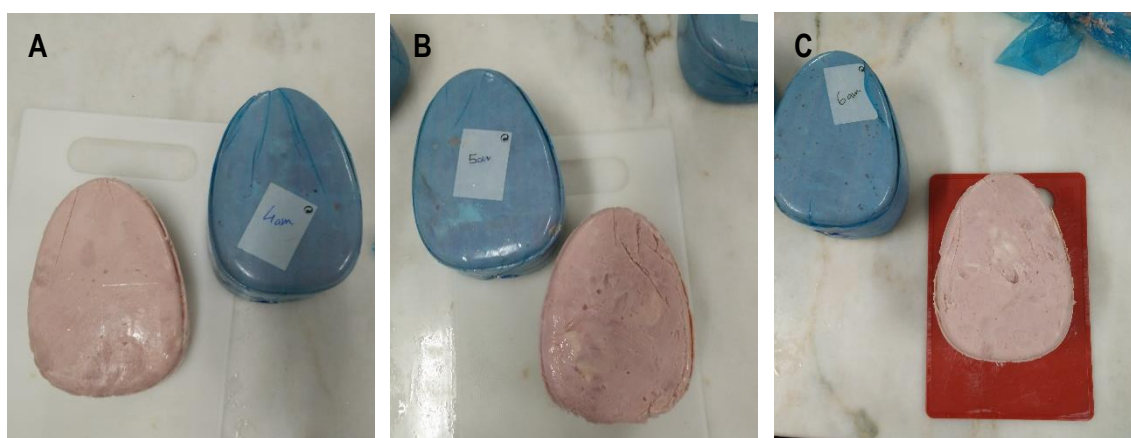
**Figura 18** Valores de atividade da água ( $a_w$ ) apurados das porções interiores das peças cárneas com tempo de massagem total de  $t = -2h$ ,  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor. No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respetivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os dados de  $a_w$  determinados.

**Tabela VII** Compilação dos dados resultantes da monitorização do acompanhamento de processo do Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem.

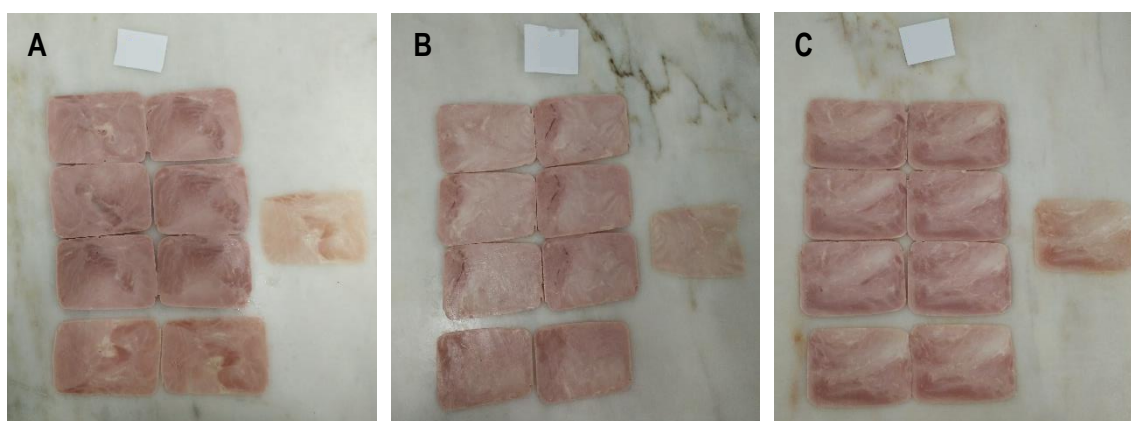
Acompanhamento e registo de produção													
Tempo de massagem	Lote	Matéria-prima		Salmoura	Injeção			Massagem			Tratamento-térmico		Estabilização
		T (°C)	pH	T final (°C)	Ajuste (pp) de salmoura para atingir injeção objetivo	T (°C) da carne injetada	pH (°C) da carne injetada	T (°C) da carne no final	pH da carne no final	a <sub>w</sub> da carne massajada	PCC T <sub>núcleo</sub>	Abertura moldes (°C)	Dias até fatiar
t= -2h	348	5,1	5,83	1,0	0,3	5,2	6,18	5,0	6,12	0,9754	✓	3,0	8
t= -1h								4,9	6,10	0,9737	✓	3,0	8
t= h em vigor								4,9	6,05	0,9702	✓	3,0	8
Critérios de aceitação		0-5	5,6 a 6,0	-2,0 a 2,0	≤ 5 pontos percentuais	0 a 5		0 a 5			Pasteurização binómio t/T	≤ 4	≥ 7

## II. Fatiamento e análise sensorial pelo painel de provadores

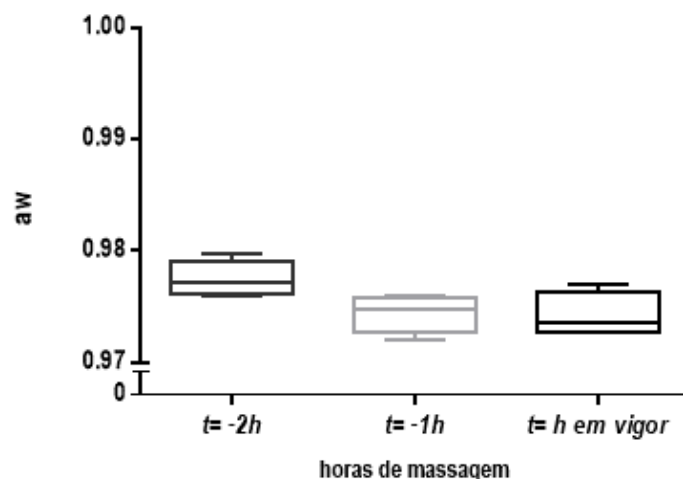
No momento de retirar a tripa plástica dos fiambres, foram imediatamente visíveis diferenças na superfície dos mesmos (Fig. 19). O fiambre com massagem de  $t = -2h$  apresentou uma superfície bem mais lisa e húmida do que os com massagem de  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor. Quando fatiado, as fatias do fiambre com  $t = -2h$  e massagem apresentaram maior acumulação de água na superfície, o que é indicativo de uma menor retenção da água. Os três fiambres apresentaram a cor rosada característica, pelo que se verifica que nitrificação ocorreu de forma similar, mesmo com menos horas de massagem (Fig. 20). Estes resultados de cor estão concordantes com a bibliografia, na qual verificaram que a cor não apresentava alterações significativas com mais tempo de massagem [34].



**Figura 19** Aspeto final dos fiambres à escala piloto com tempo de massagem total de **A**  $t = -2h$ , **B**  $t = -1h$  e **C**  $t = h$  em vigor.



**Figura 20** Aspeto final dos fiambres à escala piloto com tempo de massagem total de **A**  $t = -2h$ , **B**  $t = -1h$  e **C**  $t = h$  em vigor quando fatiados.



**Figura 21** Valores de atividade da água ( $a_w$ ) apurados dos fiambres à escala piloto com tempo de massagem total de  $t = -2h$ ,  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor. No gráfico de caixa, os traços inferior e superior representam o percentil 25 e 75, respetivamente; o traço no meio indica a mediana. As barras superior e inferior representam todos os dados de  $a_w$  determinados.

Os valores de  $a_w$  medidos nos fiambres, apesar de não serem significativamente diferentes, diminuíram com o aumento do tempo da massagem (Fig. 21). Esta ligeira diminuição verificou-se de igual forma no teor em humidade (Tabela VIII). A humidade dos fiambres encontrava-se de acordo com outros estudos com fiambres de baixa injeção [38,39]. A ligeira redução tanto do valor de  $a_w$  como da humidade em função do tempo de massagem pode ter-se devido à libertação da água das fibras musculares e consequente desidratação provocada pelo vácuo e pela refrigeração a que a carne esteve sujeita [40]. Esta redução da humidade no produto pode ser importante para a menor exsudação do produto na cuvette e para uma textura que reflita nas propriedades organoléticas a que o consumidor perceciona.

**Tabela VIII** Valores determinados de  $a_w$  e humidade para os fiambres com diferentes horas de massagem

Tempo de massagem	Lote	$a_w$	Teor em Humidade (%)
$t = -2h$	348	0,9775	73,67
$t = -1h$		0,9744	72,93
$t = h$ em vigor		0,9742	68,48

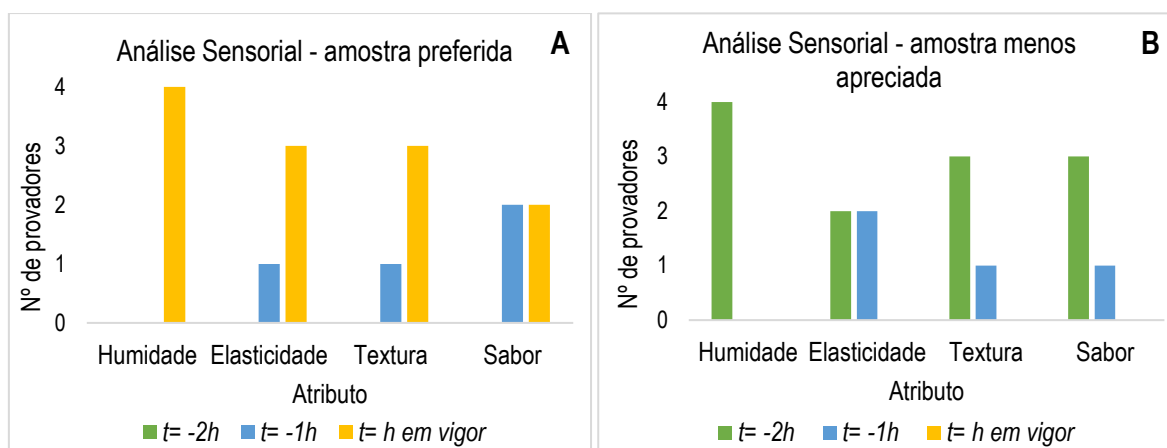
**Tabela IX** Diferenças no teor em humidade dos fiambres com diferenças horas de massagem

Teor em Humidade (%)	
$t = -2h$ vs $t = -1h$	ns
$t = -2h$ vs $t = h$ em vigor	**
$t = -1h$ vs $t = h$ em vigor	**

ns: não significativo; \*\* $P < 0,01$

Além disso, a humidade do fiambre com tempo de massagem de  $t = h$  em vigor mostrou ser significativamente menor que as determinadas para os outros dois fiambres com tempos de massagem inferiores (Tabela IX).

Os resultados da análise sensorial encontram-se apresentados na Figura 22. A humidade na boca foi uma das características mais afetadas pelo tempo total de massagem e mais facilmente percecionada pelo painel de provadores que identificou o fiambre com massagem de  $t = -2h$  mais húmido, o de  $t = h$  em vigor o menos húmido e o de  $t = -1h$  com humidade intermédia. O painel notou ainda diferenças na elasticidade e textura do produto, preferindo o fiambre com massagem de  $t = h$  em vigor, visto que era mais elástico e apresentava melhor trinca. A elasticidade e dureza são duas características importantes no fatiamento. De forma global, o painel não considerou que o fiambre com  $t = -2h$  de massagem tivesse as características expectáveis para esta tipologia de produto e entre os fiambres com  $t = -1h$  e  $t = h$  em vigor de massagem, preferiu o último.



**Figura 22** Resultados da análise sensorial realizada aos três fiambres com diferentes tempos totais de massagem. **A** Preferência da amostra para cada atributo e **B** Amostra menos apreciada para cada atributo.

Contudo é de notar que sendo o painel não treinado, há vários fatores ambientais e psicológicos que podem ter condicionado as respostas obtidas. Assim, os resultados podem ter sido condicionados pela ordem de apresentação das amostras ou ainda pelas preferências pessoais. Apesar de o painel de provadores interagir com produtos de charcutaria diariamente, o que constitui uma vantagem, pode ter ocorrido erro de expectativa (conhecimento prévio do produto analisado). Erros como lógico (relação entre atributos, ao invés de os classificar individualmente) ou de contrate (minimizar ou exagerar as diferenças reais entre produtos) podem também ter acontecido [41]. Os resultados são, portanto, apenas indicativos da aceitabilidade do produto com diferentes tempos totais de massagem.

Assim sendo, o tempo de total de massagem que se encontra em especificação interna ( $t = h$  em vigor), parece ser o mais indicado para o fiambre da perna extra.

### 9.3.3 Fatiamento e apuramento de quebras em escala industrial

O fatiamento foi acompanhado como controlo, de modo a verificar se as quebras apuradas neste ensaio com ocupação de 93% e com tempo total de massagem de especificado (em vigor) se encontravam no mesmo intervalo de valores das apuradas nos ensaios com estas condições no Estudo I. Os dados presentes na Tabela X mostram que as quebras apuradas são muito semelhantes às apuradas no Ensaio I, pelo que se pode concluir que os ensaios são comparáveis e os resultados obtidos nos ensaios piloto podem ser conclusivos.

No fatiamento industrial registaram-se quebras por desligado devido a acumulações de gelatina, de gorduras moles ou ainda zonais mais secas, possivelmente devido a carne PSE, que não incorpora salmoura tão eficientemente.

**Tabela X** Compilação dos dados de fatiamento e apuramento das respetivas quebras do ensaio industrial  $t = h$  em vigor do Ensaio II - Efeito do tempo total de massagem.

Acompanhamento e registo de produção									
Teste	Lote	Criogenação			Fatiamento e Embalamento		Quebras de Fatiamento (%)		
		t (min)	T <sub>superfície</sub> (°C)	T <sub>núcleo</sub> (°C)	AM	Embalagem (g)	Desligado/PSE	Outro	Total
<b><i>t = h em vigor</i></b>	348	10	✓	✓	✓	225	2,42	1,79	4,22

AM: Atmosfera Modificada

O Ensaio II mostrou que a redução do tempo de massagem não é favorável para o fiambre da perna extra, resultando num produto mais húmido e menos elástico e com sabor e textura na boca considerados menos expectáveis para a tipologia de produto em causa, pelo painel de provadores.

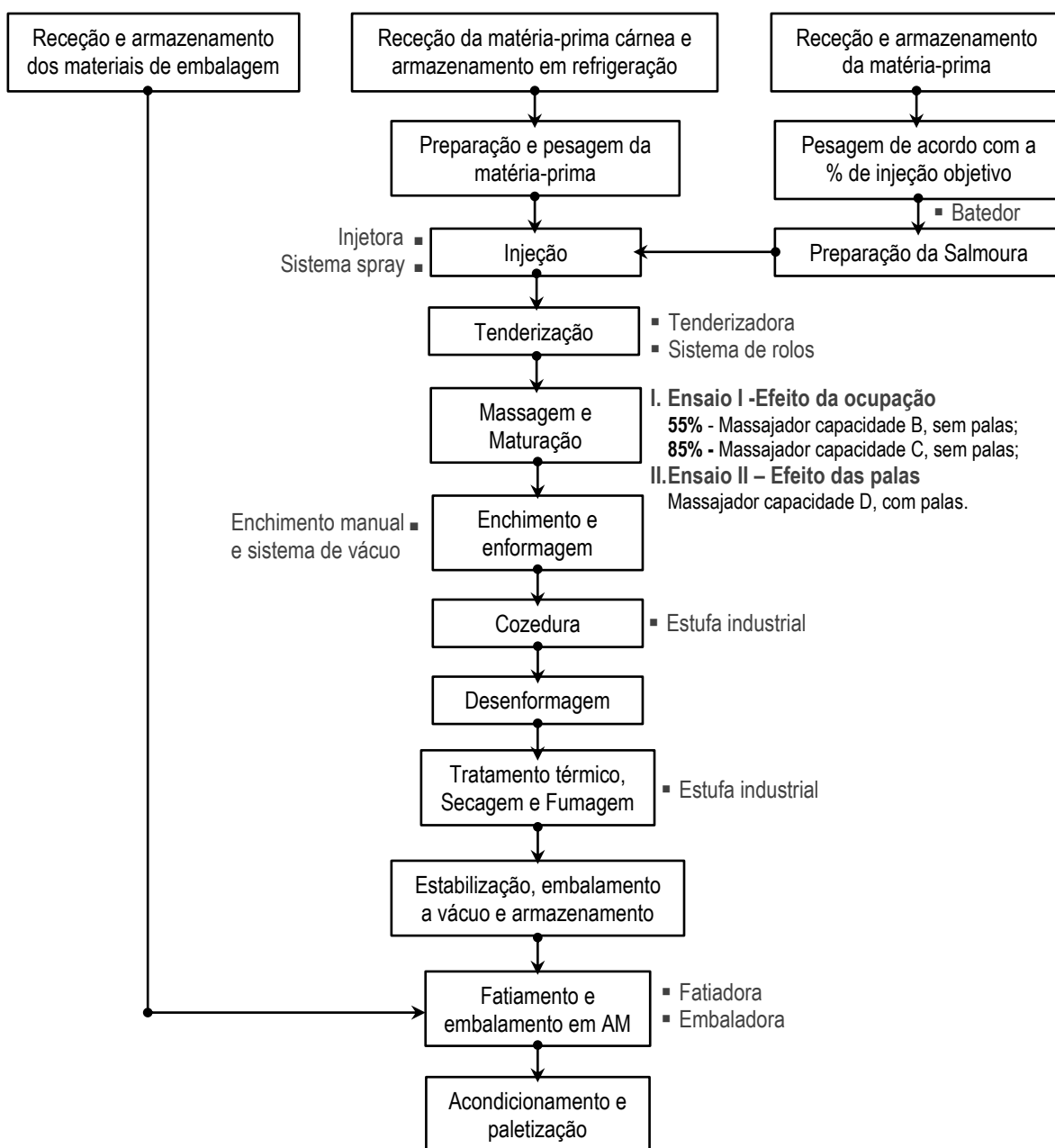
Estava ainda planeado um terceiro ensaio, que visava a avaliar a sinergia entre a ocupação e o tempo total mais apropriados. Contudo, este ensaio não foi realizado tendo em conta os resultados do ensaio II.

O acompanhamento continuado do processo de produção de produtos de charcutaria cozidos, como o fiambre, permitiu compreender a sua complexidade e identificar algumas das variáveis que podem condicionar fortemente as características do produto final, nomeadamente a qualidade da carne e a incidência de PSE que, provavelmente, é a variável com mais implicações no produto final. Em simultâneo, o cumprimento das temperaturas e tempos durante todo o fabrico tem um elevado impacto na manutenção da qualidade do produto e no desenvolvimento das suas características organoléticas e estruturais.

## Estudo II – Bacon sem couro moldado

### 10. Fluxograma do processo produtivo do Bacon sem couro moldado

Na Figura 23 encontra-se representado o fluxograma do processo produtivo do bacon sem couro moldado, contendo todas as etapas e equipamentos necessários. Os Ensaios I e II - Efeito da ocupação do massajador e Efeito da existência de palas na superfície interna, respetivamente, seguiram o fluxograma apresentando, diferindo apenas no massajador utilizado. As letras B, C e D referem-se à capacidade decrescente dos massajadores ( $B > C > D$ ).



**Figura 23** Fluxograma do processo produtivo do bacon sem couro moldado, contendo os equipamentos necessários.



## 11. Acompanhamento da produção em vigor

À semelhança do estudo do fiambre da perna extra, realizaram-se vários acompanhamentos de produções industriais do bacon antes do estudo de diferentes tipologias de massagem e maturação. Diferentes variáveis na massagem podem influenciar a textura e coesão do produto, pelo que o seu estudo permitirá, à priori, reduzir a quantidade do produto não conforme. Estes acompanhamentos permitiram perceber as diferentes etapas de produção e as suas funções, verificar se o produto estava a ser fabricado de acordo com o especificado e, principalmente, fazer um levantamento dos massajadores disponíveis e as respetivas características, de modo a elaborar um plano de trabalho com diferentes variáveis na massagem.

Constatou-se que o produto era fabricado de acordo com a especificação em vigor, produzido em diferentes quantidades de acordo com a ordem de produção e massajado num de quatro massajadores distintos tanto na capacidade como na estrutura. A escolha do massajador devia-se à quantidade produzida e/ou à disponibilidade dos massajadores de acordo com todos os produtos produzidos naquele dia.

Vários dos pontos de controlo como temperaturas, percentagem de injeção, programa de massagem e tempos de estabilização eram controlados e, mesmo assim, as quebras de fatiamento encontravam-se acima do aceitável que permite à empresa obter rentabilidade económica (quebra total aceitável - 3,5% - definida pela empresa) (Tabela XI). Além disso, das quebras apuradas, uma percentagem considerável devia-se à quebra por desligado (2,1%) (Fig. 24). Identificou-se uma oportunidade de melhoria na colocação das barrigas no tapete da injetora. As barrigas eram individualmente colocadas perpendicularmente ao conjunto de agulhas da injetora. O plano de correção passou por colocá-las sobrepostas duas a duas e paralelamente ao conjunto de agulhas, aumentando a quantidade de salmoura que é efetivamente incorporada na barriga.

**Tabela XI** Quebras de fatiamento do fiambre perna extra durante o período de acompanhamento da produção em vigor.

Período de análise	Quebra total (%)	Quebra por desligado (%)	Quebra total aceitável definida pela empresa (%)
Novembro 2017-Janeiro 2018	4,3	2,1	3,5



**Figura 24** Fatias de bacon sem couro moldado não conformes, consideradas como quebra por desligado.

Os diferentes acompanhamentos permitiram delinear dois estudos com variáveis que podem ter impacto na etapa massagem e maturação, nomeadamente a ocupação do massajador e a existência de palas na superfície interna do massajador. Essas variáveis podem influenciar positivamente a quebra aceitável de fatiamento e resultar em produtos mais coesos. Sendo assim, foram realizados vários ensaios industriais, nos quais se isolaram as variáveis supracitadas.

## **12. Materiais e Métodos**

### **Ensaio em produtivo**

#### **12.1 Caracterização da matéria-prima**

Segundo especificação interna, a matéria-prima utilizada no bacon sem couro moldado é a entremeada de suíno, com determinadas dimensões e que deve obedecer aos seguintes requisitos: sem couro, entrecosto, osso, hematomas, gorduras moles em excesso, nervos, pelos e cartilagens.

Nos ensaios industriais utilizaram-se matérias-primas de apenas um fornecedor, de modo a reduzir-se o impacto da variabilidade da constituição da matéria-prima. Além disso, essas matérias-primas foram analisadas previamente (teor em proteína, sal, gordura, colagénio e humidade) por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR), que utiliza o modelo de calibração de rede neural artificial, com recurso ao equipamento FoodScan™ (FOSS, Dinamarca; erro associado:  $\pm 0,4-0,8\%$  para gordura e humidade,  $\pm 0,3-0,6\%$  proteína,  $\pm 0,1-0,4\%$  sal e colagénio), de modo a se apurar se cumpriam a especificação (intervalo de valores de gordura e proteína estipulados internamente) e se variavam pouco entre si. O procedimento da análise por NIR foi igual ao descrito no Estudo I – 8.1.

#### **12.2 Ensaio I e II - Efeito da ocupação do massajador e da existência de palas**

A ocupação do massajador é um dos parâmetros da massagem com pertinência de ser avaliado, (fundamento teórico similar ao descrito na secção 8.2). O efeito das palas é outra tipologia estudada, visto que, regra geral, a existência de palas pode levar a uma massagem mais enérgica e agressiva

para a carne, podendo resultar tanto numa maior extração proteica como numa degradação excessiva das fibras da carne, que pode causar menor coesão na fatia do produto final [4].

### **12.2.1 Acompanhamento de processo**

Foram realizados nove acompanhamentos do processo produtivo do bacon sem couro moldado, de modo a avaliar o impacto de diferentes tipologias de massagem. Em três dos testes do ensaio de ocupação do massajador a massagem decorreu num massajador com ocupação de 55% da sua capacidade e nos outros três a massagem decorreu com ocupação de 85%. Os massajadores não apresentavam palas no seu interior, diferindo apenas na capacidade. Ambos os massajadores são normalmente utilizados, consoante a quantidade indicada na ordem de produção.

Foram realizados também três testes, utilizando um massajador com palas na superfície interna, de modo a aferir o seu efeito.

Cada um dos nove acompanhamentos foi detalhadamente registado, de modo a verificar se ocorriam desvios ao processo, se as réplicas ocorriam nas mesmas condições e os estudos eram comparáveis entre si.

### **I. Monitorização da preparação da Matéria-prima, Salmoura, Injeção e Tenderização**

As barrigas e as aparas de barriga de suíno pesadas consoante a ordem de produção foram analisadas visualmente. Posteriormente, determinou-se o valor de pH e a temperatura de várias barrigas por produção. A medição do pH não é tão representativa na barriga como no músculo picadouro, além de que esta matéria-prima não é tão propensa a apresentar PSE [24]. Ainda assim, o pH foi medido para controlar eventuais desvios ao histórico para esta matéria-prima. A carne deve-se encontrar no intervalo de temperatura de 0 e 5 °C. Matérias-primas que não se encontravam dentro destes intervalos ou apresentavam teores de gordura fora do intervalo especificado internamente (resultados da análise por NIR) foram rejeitadas.

Seguidamente monitorizou-se a preparação da salmoura, garantindo-se a adição a quantidade correta da água e do gelo ao misturador, verificando-se o cumprimento da ordem da adição estipulada para os ingredientes. No final mediu-se a temperatura da salmoura, que se deve encontrar entre -2 e 2 °C [4].

A injeção decorreu na injetora da produção equipada com dois conjuntos de agulhas. Inicialmente realizou-se um teste de injeção com cerca de 50 kg de barrigas, de modo a otimizar os parâmetros de injeção, como a velocidade do tapete e a pressão da salmoura nas agulhas. As barrigas foram colocadas no tapete sobrepostas e paralelamente aos conjuntos de agulhas. Com os parâmetros otimizados, procedeu-se à injeção determinando a percentagem de injeção real no final de cada

canastreiro que, em média, possui 500 kg. Mesmo com o teste de injeção, por vezes a injeção obtida encontrou-se distante da pretendida. Neste caso, regularam-se os parâmetros novamente. A percentagem de injeção é calculada de acordo com a seguinte relação:

$$\text{Injeção (\%)} = \left( \frac{m_{\text{carne}} \text{ (kg)} + m_{\text{salmoura injetada}} \text{ (kg)}}{m_{\text{carne}} \text{ (kg)}} - 1 \right) \times 100$$

Durante e no final da etapa de injeção foram controlados e registados alguns aspetos como a colocação das barrigas no tapete de injetora, e a temperatura e pH da salmoura e da carne após injeção. As entremeadas foram submetidas a um processo de tenderização com rolos, no qual as lâminas existentes nos rolos perfuraram a carne, aumentando a área de contacto. A distância entre os rolos da tenderizadora foi também controlada.

No final, fizeram-se os cálculos de injeção para a quantidade total de carne. Adicionou-se ao massajador a quantidade de salmoura correspondente à diferença em pontos percentuais entre a injeção obtida e a percentagem de injeção especificada para este produto. A quantidade de salmoura a adicionar tem, obrigatoriamente, de ser inferior a 5 pontos percentuais para esta tipologia de produto [4].

## II. Massagem, Maturação e Enformagem

As diferentes massagens decorreram num de três massajadores:

1. Massajador com capacidade B, sem palas na superfície interna;
2. Massajador com capacidade C, sem palas na superfície interna;
3. Massajador com capacidade D, com palas na superfície interna;

As letras B, C e D referem-se à capacidade dos massajadores, sendo que a a ordem das letras significa capacidade decrescente, em kilos (B>C>D).

Realizaram-se três ensaios em cada massajador. No massajador 1 pretendeu-se avaliar o impacto da massagem com ocupação de 55%, no massajador 2 impacto da massagem com ocupação de 85%, e no massajador 3 o impacto da massagem com palas.

Em todas as ocupações, a massagem teve a duração especificada internamente, sendo que o programa predefinido é constituído por mais de um método de massagem referidos na secção 4.5.2 – IV da Revisão Bibliográfica (informação confidencial).

Após a massagem, as barrigas massajadas foram colocadas em moldes. Nesta fase, observaram-se as barrigas de modo a aferir se a massagem foi eficiente na absorção da salmoura. Posteriormente,

os moldes foram submetidos a um túnel de vácuo e prensados. Quando enformados os bacons tinham de cumprir o peso especificado internamente.

### III. Tratamento térmico e estabilização

A cozedura e o tratamento térmico decorreram em duas fases. A primeira decorreu dentro de multimoldes em estufas com humidade, e a segunda com o bacon pendurado exposto a fumo. Ambas as etapas seguiram um programa predefinido. Entre cada uma das fases, os moldes foram arrefecidos até à temperatura de máxima de 4 °C, sendo este um passo importante para a coesão do produto [37]. A temperatura de desenformagem foi também registada. Os gráficos de cozedura de todos os ensaios foram analisados e verificados, de modo a validar o cumprimento do binómio tempo/temperatura definido para o tratamento térmico.

Depois desta etapa, as barras de bacon foram colocadas em câmaras de estabilização (climas) com temperatura, humidade e velocidade do ar controladas para quebrarem/desidratarem, sendo posteriormente embaladas. Quando embalados, os bacons estabilizaram durante sete dias, no mínimo, até ao seu fatiamento.

#### 12.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras

Depois de estabilizado, o produto foi colocado na sala de fatiados, sendo posteriormente submetido a um processo de criogenação leve antes do seu fatiamento. A temperatura foi medida no centro térmico e na superfície (temperaturas especificadas internamente), sendo indicativa de uma dureza ótima para fatiar. Todo o processo de fatiamento foi acompanhado, analisando-se o aspeto e integridade da fatia.

Ao longo do fatiamento foi contabilizada a quantidade de produto não conforme (quebras), que foram separados consoante o motivo: Desligado, Outro: quebra de fatiadora (pontas do canhão), caído da fatiadora, etc. Cada um dos grupos de desperdício foi pesado no final do processo e, seguidamente, apuraram-se as quebras de fatiamento (%) de acordo com a seguinte relação:

$$\text{Quebra total} = \frac{\text{Quantidade consumida (kg)} - \text{quantidade produzida (kg)}}{\text{Quantidade consumida (kg)}} \times 100$$

Além disso, calculou-se a quebra obtida (%) por cada motivo:

$$\text{Quebra} = \frac{\text{Desperdício motivo (kg)}}{\text{Quantidade consumida (kg)}} \times 100$$

### **12.2.3 Análise de exposição em linear**

Depois do fatiamento, foram expostas em linear (condições de temperatura inferiores a 5 °C e exposição constante à luz artificial) 10 cuvetes de bacon sem couro proveniente de cada réplica e dos vários ensaios durante 45 dias. De 10 em 10 dias, as cuvetes foram analisadas visualmente, de modo a observar a formação de exsudado e a ocorrência de oxidação.

## 13. Resultados e Discussão

### 13.1 Caracterização da matéria-prima

Os valores médios percentuais de cada constituinte das várias análises realizadas às barrigas de suíno utilizadas nos ensaios encontram-se apresentados na Tabela XII. A matéria-prima manteve-se semelhante entre os vários ensaios, encontrando-se dentro dos valores especificados internamente para esta tipologia de produto. Assim, verifica-se a semelhança da matéria-prima ao longo dos Ensaios de ocupação e do efeito de palas do bacon sem couro.

**Tabela XII** Composição das entremeadas de suíno.

	Colagénio (%)	Gordura (%)	Proteína (%)	Humidade (%)	Sal (%)
Análise I	1,41±0,05	18,18±0,84	17,96±0,27	62,85±0,58	0,72±0,05
Análise II	1,48±0,04	20,81±0,58	17,60±0,12	60,69±0,42	0,52±0,05
Análise III	1,45±0,05	19,54±0,61	17,50±0,18	60,90±0,30	0,61±0,05

### 13.2 Ensaio I e II - Efeito da ocupação do massajador e da existência de palas

#### 13.2.1 Acompanhamento de processo

Os dados recolhidos durante a monitorização dos nove acompanhamentos, seis de ocupação do massajador e três do efeito de palas, encontram-se compilados na Tabela XIII.

A matéria-prima mostrou-se conforme ao longo dos acompanhamentos, encontrando-se dentro do intervalo de temperaturas (0-5 °C), de dimensões da entremeada e de valores de pH (5,6-6,0) especificados.

A ordem de adição dos ingredientes foi cumprida em todos os ensaios, pelo que a preparação da salmoura ocorreu na conformidade, sendo que a temperatura final cumpriu sempre a especificação (-2 a 2 °C).

A injeção obtida nos vários ensaios foi próxima da injeção objetivo. O maior ajuste correspondeu a 3,90 pp. No início da massagem foi adicionada salmoura livre ao massajador, correspondente à diferença entre a injeção obtida e a especificada. No geral, notou-se que a colocação das barrigas sobrepostas foi positiva, uma vez que não se verificaram acumulações de salmoura livre no exterior da barriga, ou seja, a injeção ocorreu homoganeamente no interior das peças. À semelhança do estudo do fiambre da perna extra, a temperatura da carne injetada não ultrapassou os 5,4 °C, estando protegida do ponto de vista microbiológico [4].

A etapa de massagem e maturação ocorreu a temperaturas de refrigeração e não se observaram mudanças significativas do pH da carne durante a mesma. As barrigas massajadas apresentavam

uma aparência semelhante, maleáveis e com superfície colante e brilhante, independentemente da ocupação do massajador e da existência de palas.

A etapa de tratamento térmico e secagem foi validada pela análise dos respectivos gráficos de estufa. Verificou-se que todas as produções cumpriram o programa especificado e atingiram o binómio tempo/temperatura estipulado. Em cinco dos nove ensaios, a desenformagem ocorreu a uma temperatura superior à recomendada pela literatura [37]. A desenformagem do bacon a esta temperatura não é tão limitante como no fiambre da perna extra, visto que este produto vai estar novamente a temperaturas elevadas. Contudo, é um ponto crítico que deve ser controlado, para garantir a estabilização da rede tridimensional proteica [4].

As barras de bacon estabilizaram nas câmaras de estabilização até atingirem a quebra/desidratação objetivo. Em todos os ensaios a quebra de objetivo foi próxima da pretendida, registando-se alguns lotes com quebra inferior e outras com quebra superior (valor positivo). Contudo, o diferencial foi sempre inferior a 1 ponto percentual. Depois de atingida a quebra, os bacons ficaram a estabilizar durante uma semana, embalados a vácuo.

A análise global dos dados de acompanhamento permitiu concluir que os ensaios decorreram em condições semelhantes, pelo que podem ser considerados como réplicas dentro da mesma ocupação na massagem e são comparáveis entre as diferentes ocupações na massagem (55 e 85%) e entre a existência e ausência de palas na superfície interna.

### **13.2.2 Fatiamento e Apuramento de quebras**

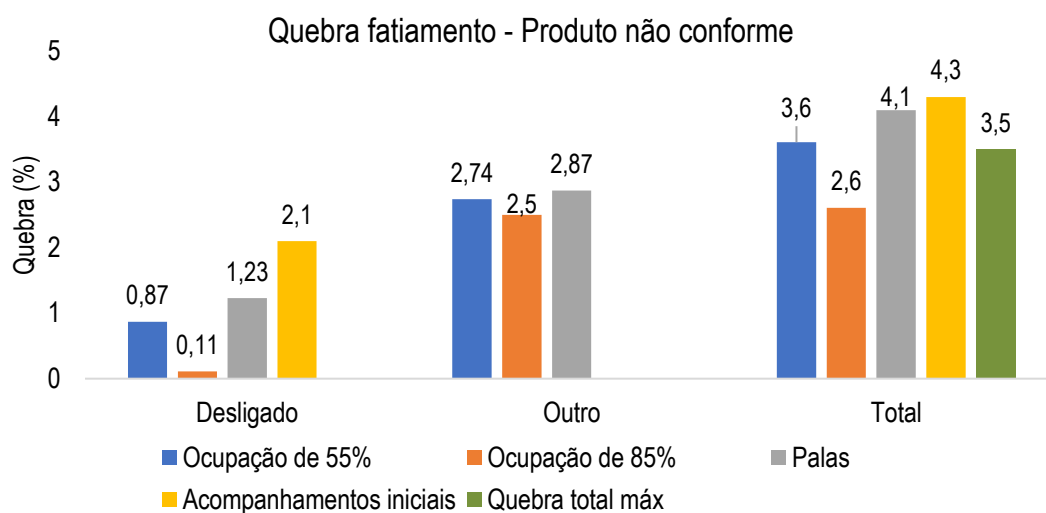
No fatiamento do bacon sem couro registaram-se menores valores de quebras dos vários ensaios realizados (Tabela XIV), tanto por desligado como a quebra total, relativamente ao período de acompanhamento de produção normal (Fig. 25).

No que respeita aos ensaios de ocupação do massajador, notou-se uma quebra por desligado menor (menos 0,74 pp) no teste de ocupação do massajador a 85% em relação ao teste de ocupação do massajador a 55%. O outro motivo de quebra é essencialmente relativo a bacon caído da fatiadora, sendo contabilizado para a quebra total, mas não sendo indicativo da melhor ou pior eficiência da massagem, uma vez que acontece quando a garra da fatiadora não suporta bem o bacon e/ou o bacon não foi bem colocado no equipamento. O apuramento de quebras permitiu concluir que na massagem decorrida com ocupação de 55%, as barrigas são sujeitas a uma massagem mais violenta, com quedas elevadas e com maior liberdade de movimentos, o que resultou numa rutura indesejável das barrigas. O desligado observado ocorreu tanto em zonas de gordura como entre músculos (Fig 26).

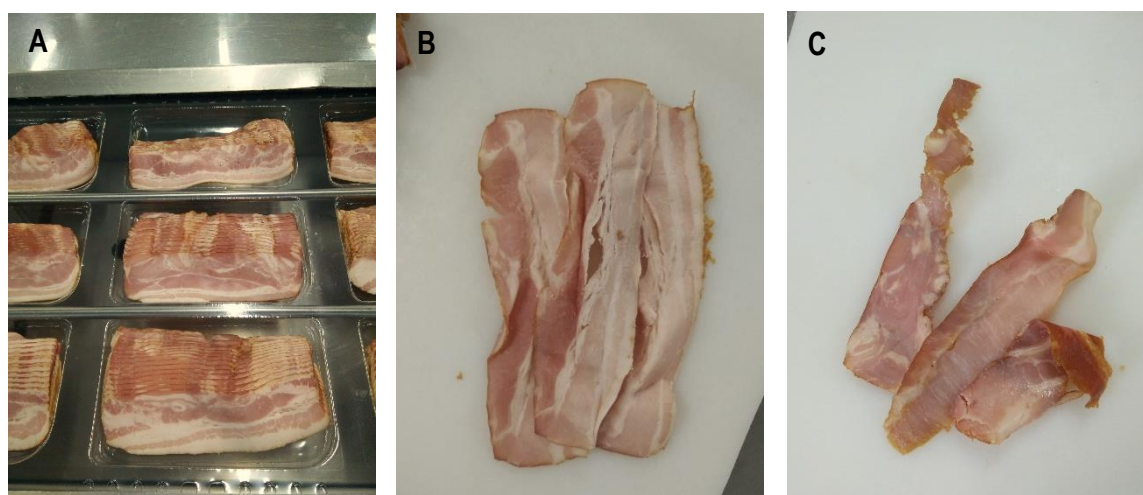


O teste de massagem no massajador com palas originou os resultados menos positivos de quebras dos ensaios de bacon. A quebra por desligado foi superior às apuradas para os testes de ocupação do massajador. A quebra de fatiadora (inserida no outro motivo de quebra) foi também ligeiramente superior, englobando além das pontas descartadas pela fatiadora, fatias iniciais e finais do bacon demasiado secas. A massagem com palas parece ser inadequada para este tipo de produto, levando ao desligamento da fatia e desidratando as zonas mais periféricas.

Apesar de as quebras serem aceitáveis, com este teste compreendeu-se que as palas não têm um impacto positivo no produto, pelo que se deve optar por massajadores sem palas.



**Figura 25** Quebras de fatiamento por motivo do bacon (Desligado e Outro) e Quebra total para os dois ensaios de ocupação de 55% e de 85%, ensaio do efeito da existência de palas, acompanhamentos iniciais da produção em vigor e limite máximo de quebra total aceitável definido pela empresa.



**Figura 26** Exemplos de fatias **A** conformes, **B** desligadas e **C** secas oriundas da parte inicial da barra de bacon.

**Tabela XIII** Compilação dos dados resultantes da monitorização dos nove acompanhamentos de processo do bacon do Ensaio I – Efeito da ocupação do massajador e Ensaio II – Efeito da existência de palas.

Acompanhamento e registo de produção														
Teste	Lote	Matéria-prima		Salmoura	Injeção			Massagem			Tratamento-térmico		Estabilização	
		T (°C)	pH	T final (°C)	Ajuste (pp) de salmoura para atingir injeção objetivo	T (°C) da carne injetada	pH (°C) da carne injetada	Tempo total (h)	T (°C) da carne no final	pH da carne no final	PCC T <sub>núcleo</sub>	Abertura moldes (°C)	Diferença (pp) em relação à quebra objetivo em clima (%)	Dias até fatiar
Ocupação do Massajador a 55%	913	4,6	5,80	-1,7	3,48	5,4	5,83	✓	5,2	5,78	✓	8,8	+0,5	8
	259	4,3	5,73	-1,3	2,10	4,5	5,70	✓	4,9	5,75	✓	4,2	+0,4	7
	322	3,9	5,90	-1,4	1,77	4,9	5,85	✓	5,1	5,90	✓	11	0,3	7
Ocupação do Massajador a 85%	588	4,3	5,85	-1,5	2,40	5,1	5,90	✓	5,0	5,84	✓	13,3	+0,2	6
	378	3,9	5,95	-0,9	1,48	4,7	5,78	✓	5,1	5,91	✓	4,5	0,3	10
	443	5,3	6,00	-1,2	2,05	4,8	5,90	✓	5,3	5,94	✓	9,8	0,6	7
Palas	977	3,5	5,80	-1,5	3,90	4,9	5,75	✓	5,1	5,80	✓	9,1	+0,2	7
	094	3,0	5,87	-1,4	2,85	4,6	5,90	✓	4,9	5,99	✓	6,5	0,2	8
	012	4,7	6,00	-1,7	0,10	5,1	6,02	✓	5,1	5,90	✓	3,3	0,1	6
Critérios de aceitação		0-5	5,6 a 6,0	-2,0 a 2,0	≤ 5 pontos percentuais	0 a 5		Duração em vigor	0 a 5		Pasteurização binómio t/T	≤ 7	≥ 7	

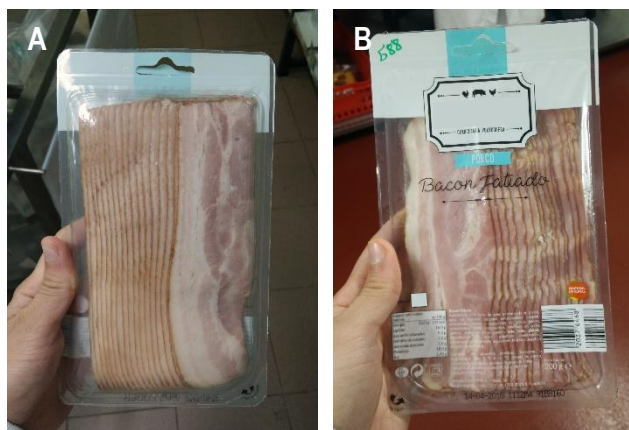
**Tabela XIV** Compilação dos dados de fatiamento e apuramento das respectivas quebras do Ensaio I e II de bacon.

Acompanhamento e registo de produção												
		Criogenação			Fatiamento e Embalamento		Quebras de Fatiamento (%)			Quebra fatiamento ensaio (%)		
Teste	Lote	t (min)	T núcleo (°C)	T superfície (°C)	AM	Embalagem (g)	Desligado/ PSE	Outro	Total	Desligado/ PSE	Outro	Total
Ocupação do Massajador a 55%	913	10	✓	✓	✓	200	0,81	4,05	4,86	0,87	2,74	3,61
	259	10	✓	✓	✓	200	0,91	1,49	2,40			
	322	10	✓	✓	✓	200	0,77	1,52	2,29			
Ocupação do Massajador a 85%	588	10	✓	✓	✓	200	0,12	5,03	5,15	0,11	2,50	2,61
	378	10	✓	✓	✓	200	0,10	1,34	1,44			
	443	10	✓	✓	✓	200	0,15	1,69	1,84			
Palas	977	10	✓	✓	✓	200	1,14	4,94	6,08	1,23	2,87	4,10
	094	10	✓	✓	✓	200	1,34	2,20	3,54			
	012	10	✓	✓	✓	200	1,21	2,14	3,35			

AM: Atmosfera Modificada

### 13.2.3 Análise de exposição em linear

As cuvetes de bacon de ambos os ensaios não apresentaram mudança visual ao longo do tempo de vida útil em condições de refrigeração e sob exposição à luz. As fatias permaneceram sem o aparecimento de zonas oxidadas nem acumulação de exsudado no fundo da cuvette (Fig 27). Estes dados indicam que a salmoura ficou distribuída homogeneamente em todos os testes. O exsudado não era, contudo, expectável por se tratar de um produto de baixa injeção. Sendo de baixa injeção, a quantidade de água adicionada e que as fibras da entremeada têm de reter é baixa. Além disso, a formulação apresenta outros retentores, que auxiliam nesta retenção da água no produto final.



**Figura 27** Exemplos de cuvetes de bacon **A** no dia de fatiamento e **B** no 45º dia de exposição em linear. Cuvetes do teste de ocupação de 85%.

Para todos os testes de massagem e maturação do bacon, a quebra por desligado e a quebra total foi inferior à apurada durante os acompanhamentos de produção normal, o que realça a importância da monitorização da produção. O ajuste dos parâmetros para se atingir a injeção objetivo e a colocação correta das barrigas contribuíram para esta melhoria. Apesar de não terem sido realizados testes a este nível, uma enformagem e acomodação correta das barrigas no molde leva a uma melhor ligação de todas as matrizes que constituem o bacon sem couro.

### 13.2.4 Especificação para produção

Os resultados positivos do Estudo I do bacon sem couro com ocupação de 85% permitiram concretizar o último objetivo que consistia na atualização da especificação técnica e operacional deste produto. O formulário com esse fim foi atualizado em 2 tópicos:

- Utilização dos massajadores X, Y e Z com as determinadas quantidades de carne de modo a perfazer 85% da sua ocupação.
- Opção por massajadores sem palas, indicando os massajadores que não devem ser utilizados.

O tempo total de massagem e maturação em vigor, será mantido em especificação interna, devido aos bons resultados do teste de ocupação de 85%.

## 14. Conclusão

O Estudo I composto por dois ensaios nos quais se pretendeu analisar a ocupação do massagador e o tempo de total da massagem mostrou que a “massagem e maturação” é uma etapa com impacto nos produtos, visto que induziu diferenças nos mesmos, não só a nível sensorial, mas também no seu comportamento quando fatiados. Para esta fórmula de fiambre da perna extra, a massagem que decorreu com maior ocupação de massagador (93%) levou a menores quebras de fatiamento. Simultaneamente, constatou-se que o tempo total de massagem que se encontra em vigor, é o mais apropriado para este produto.

O último objetivo delineado, que consistia na concretização da especificação para produção, não foi atingido devido à oportunidade de melhoria existente para o fiambre. Apesar dos valores inferiores de quebra de fatiamento quando massajado com ocupação de 93%, a quebra apurada é ainda superior a 3,5% (valor máximo de aceitabilidade para a quebra total), pelo que esta alteração na especificação não permitiria à empresa obter rentabilidade máxima no fatiamento. Este objetivo poderá ser concretizado com a realização de mais estudos envolvendo outras variáveis na massagem e maturação.

O Estudo II composto por dois ensaios nos quais se pretendeu avaliar o impacto da ocupação do massagador e do efeito das palas mostrou que o espaço livre e a energia com que a entremeada é movimentada durante a etapa de massagem conferem características diferentes no bacon, que resultam em comportamentos diferentes no seu fatiamento. Para este bacon, cuja fórmula é de baixa injeção, a massagem decorrida com ocupação 85% resultou num produto com quebras por desligado quase inexistentes. O bacon massajado em ocupação de 55% apresentou quebras superiores às de 85%. A existência de palas na superfície interna mostrou tornar a massagem demasiado agressiva, ao ponto de aumentar as quebras por desligado – face a produto massajado sem palas – e desidratar as zonas mais periféricas da barra de bacon.

O trabalho desenvolvido permitiu concluir que em produtos como o fiambre da perna extra, nos quais as peças cárneas permanecem quase inteiras até ao tratamento térmico, a predominância da massagem por fricção, fomentada pela maior ocupação do massagador, resulta numa menor quantidade de produto não conforme. O mesmo foi verificado para o bacon. Relativamente existência de palas, estas mostraram ser pouco favoráveis na massagem do bacon. Contudo, aparentam ser cruciais no fiambre, no qual a carne injetada tem maior dimensão e injeção. Além disso, face à tipologia de produtos constatou-se que massagens longas, sustentadas com fases de maturação resultam em produtos com mais qualidade e de maior rentabilidade para a organização.

## 15. Perspetivas futuras

O trabalho desenvolvido ao longo destes meses permitiu concluir relativamente à importância da investigação prática fundamentada com conceitos teóricos e da necessidade de um acompanhamento perseverante para a avaliação e implementação dos resultados.

Relativamente ao impacto da massagem no fiambre da perna extra, os resultados mostraram que ainda há margem para melhoria. Assim o trabalho futuro passa por:

- Primeiramente validar estes resultados, nomeadamente os de ocupação, em várias produções não monitorizadas por um técnico.
- Testar novos programas de massagem com mais tempo de trabalho, nos quais o produto será submetido a mais energia mecânica e a distância percorrida será maior.
- Avaliar o impacto do aumento do tempo total de massagem e maturação, apesar de que o histórico deste produto e o *know-how* da empresa mostraram que massagens superiores ao definido atualmente levam à secura da carne massajada.
- Utilizar um massajador com uma conformação diferente e que possua velocidades de rotação superiores às suportadas pelos massajadores existentes na *Primor*. O aumento da velocidade pode permitir a redução do tempo de massagem, o que é favorável para a produtividade da indústria.
- Testar uma tenderização com cortes mais profundos na peça, que desestruture mais os músculos e, por conseguinte, leve a um aumento da área de contacto.

O processo de fabrico do bacon é mais complexo e artesanal que dos produtos cozidos, pelo que qualquer desvio pode comprometer o seu bom comportamento durante o fatiamento. Apesar dos resultados excelentes da massagem e maturação com ocupação de 85%, há ainda oportunidades de melhoria. Trabalho futuro deve incluir:

- O cumprimento das temperaturas ao longo do processo, principalmente as de desenformagem;
- A validação destes resultados, nomeadamente os de ocupação a 85%, em várias produções não monitorizadas por um técnico;
- Garantir que a especificação técnica operacional está a ser cumprida;
- Adaptar os tempos de massagem e maturação quando a ocupação é de 55%. A diminuição do tempo em que o massajador se encontra em rotação e o aumento do tempo de maturação pode levar à utilização deste massajador nesta esta ocupação, garantido baixas quebras por desligado.

- Testar massajadores sem palas com velocidades de rotação superiores às suportadas pelos massajadores existentes, se se tiver como objetivo a redução do tempo total de massagem e o aumento da produtividade. Contudo, a fase de maturação parece ser muito importante para esta tipologia de produto.

Estas e outras oportunidades de desenvolvimento futuro podem e devem ser exploradas no sentido de, por um lado, se obter um produto cada vez mais adequado às exigências do consumidor e, por outro, de melhorar os processos produtivos do ponto de vista da sua otimização e rentabilidade.

## 16. Bibliografia


- 1 Taylor, R.G., *Muscle fibre types and meat quality*. in Devine, C., Dikeman, M., *Encyclopedia of meat sciences*. Academic Press, 2ª ed., Reino Unido, **2014**, 876-882;
- 2 Pearson, A.M., Young, R.B., *Muscle and meat biochemistry*. Academic Press, 1ª ed., Reino Unido, **1989**;
- 3 Stanfield, C.L., *Principles of Human Physiology*. Pearson, 5ª ed., EUA, **2013**;
- 4 Feiner, G., *Meat products handbook: Practical science and technology*. Woodhead Publishing Limited, 1ª ed., EUA, **2006**;
- 5 Nollet, L. M., Benjakul, S., Paliyath, G., Hui, Y. H., *Food biochemistry and food processing*. John Wiley & Sons, 2ª ed, EUA, **2012**;
- 6 Warriss, P. D. *Meat science: An introductory text*. Cabi Publishing, 1ª ed., EUA, **2001**;
- 7 Pearson, A.M., *Muscle function and postmortem changes*. in Price, J.F., Schweigert, B.S., *The Science of Meat and Meat Products*. Food and Nutrition Press, EUA, 1ª ed., **1987**, 155–191;
- 8 Robson, R.M. et al., *Postmortem changes in the myofibrillar and other cytoskeletal proteins in muscle*. Proceedings of the 50<sup>th</sup> Annual Reciprocal Meat Conference, **1997**, 50:43–52;
- 9 Pearson, A.M., Tauber, F.W., *Processed meats*. Avi Publishing Company, 2ª ed., EUA, **1984**;
- 10 Toldrá, F., Hui, Y.H., Astiasaran, I., Sebranek, J., Talon, R. *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Blackwell Publishing, 1ª ed., EUA, **2007**;
- 11 Toldrá, F., Reig, M., Hernández, P., Navarro, J.L. *Lipids from pork meat as related to a healthy diet*. Recent Research Development Nutrition, **1996**, 1:79–86;
- 12 Toldrá, F., *Meat processing*, Blackwell Publishing, 1ª ed., EUA, **2010**;
- 13 Eskin, N.A.M., *Biochemical changes in raw foods: meat and fish*. in Eskin, N.A.M., Shahidi, F., *Biochemistry of Foods*, Academic Press, 2ª ed., EUA, **1990**, 3–68;
- 14 Toldrá, F. *Meat: chemistry and biochemistry*. in Hui, Y.H., et al. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. CRC Press, 1ª ed., EUA, **2006**, 28:1-18;
- 15 Etherington, D.J., *Conditioning of meat factors influencing protease activity*. in Romita, A., Valin, C., Taylor, A.A., *Accelerated Processing of Meat*. Elsevier Applied Science, 1ª ed., **1987**, 21–28;
- 16 Fujii, J., et al. *Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia*. Science, **1991**, 253:448–451;
- 17 Merkel, R.A. *Processing and organoleptic properties of normal and PSE porcine muscles*. in Proceedings 2<sup>nd</sup> International Symposium Condition Meat Quality Pigs, Países Baixos, **1971**, 261–270;
- 18 O'Neill, D.J., Lynch, P.B., Troy, D.J., Buckley, D.J., Kerry, J. P. *Effects of PSE on the quality of cooked hams*. Meat science, **2003**, 64(2), 113-118;
- 19 Hui, Y. H., Nip, W., Rogers, R., Young, O.A., *Meat science and applications*. Marcel Dekker, 1ª ed. EUA, **2001**;
- 20 NP 588. **2008**. *Carnes e produtos cárneos. Definição e Características*. Instituto Português da Qualidade, Portugal.
- 21 NP 4393. **2001**. *Fiambre. Definição e Características*. Instituto Português da Qualidade, Portugal.
- 22 NP 725. **2008**. *Toucinho fumado ou bacon. Definição, classificação e características*. Instituto Português da Qualidade, Portugal.



- 23 Freixanet, L. *Additives and ingredients in the manufacture of whole muscle cooked meat products. in Metalquimia: technology articles*, Impremta Pagès, 4ª ed., **2010**, 28-34;
- 24 Brauer, H., *Technology for cooked ham production*. Allgemeine Fleischer Zeitung, 1ª ed., Alemanha, **2009**;
- 25 Mills, E., *Additives: Functional. in Devine, C., Dikeman, M., Encyclopedia of meat sciences*. Academic Press, 2ª ed., Reino Unido, **2014**, 1-6;
- 26 Tarté, R., *Ingredients in meat products: properties, functionality and applications*. Springer Science & Business Media, 1ª ed., EUA, **2009**;
- 27 Ruusunen, M., Puolanne, E., *Reducing sodium intake from meat products*. *Meat Science*, **2005**, 531 – 541;
- 28 *Regulamento CE N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo aos aditivos alimentares*. Jornal Oficial da União Europeia;
- 29 Xargayó, M., *Manufacturing process for whole muscle cooked meat products II: Injection and tenderization. in Metalquimia: technology articles*, Impremta Pagès, 4ª ed., **2010**, 43-51;
- 30 Xargayó, M. *Manufacturing process for whole muscle cooked meat products III: Massage. in Metalquimia: technology articles*, Impremta Pagès, 4ª ed., **2010**, 135-141;
- 31 Knipe, C.L., *Tumblers and Massagers. in Devine, C., Dikeman, M., Encyclopedia of meat sciences*. Academic Press, 2ª ed., Reino Unido, 2ª ed., **2014**, 1054-1057;
- 32 Gillett, T.A., Cassidy, R.D. Simon, S. *Effect of continuous massaging on bind, yield, and color of hams*. *Journal of Food Science*, **1981**, 46(6), 1681-1683;
- 33 Lachowicz, K., Sobczak, M., Gajowiecki, L., Zych, A. *Effects of massaging time on texture, rheological properties, and structure of three pork ham muscles*. *Meat Science*, **2003**, 63(2), 225-233;
- 34 Li, Chunbao, et al. *Effect of tumbling time and cooking temperature on quality attributes of cooked ham*. *International journal of food science & technology*, **2011**, 46(10), 2159-2163;
- 35 Pancrazio, G., et al. *Physical and chemical characteristics of cooked ham: effect of tumbling time and modifications during storage*. *Journal of Food Quality*, **2015**, 38(5), 359-368;
- 36 Gao, T., et al. *Effect of different tumbling marinade treatments on the water status and protein properties of prepared pork chops*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2014**, 95(12), 2494-2500;
- 37 Lagares, J. *Manufacturing process for whole muscle cooked meat products V: Cooking. in Metalquimia: technology articles*, Impremta Pagès, 4ª ed., **2010**, 197-205;
- 38 Moretti, V. M., et al. *Differentiation of cured cooked hams by physico-chemical properties and chemometrics*. *Journal of food quality*, **2009**, 32(1), 125-140;
- 39 Tomović, V. M., et al. *Sensory, physical and chemical characteristics of cooked ham manufactured from rapidly chilled and earlier deboned M. semimembranosus*. *Meat science*, **2013**, 93(1), 46-52;
- 40 Mishra, B. P., et al. *Dehydrated Meat Products - A Review*. *International Journal of livestock Research*, **2017**, 7(11), 10-22;
- 41 Chambers IV, E., Wolf, M.B. *Sensory testing methods*. ASTM International, 2ª ed., EUA, **1996**.

## 17. Anexos

### A. Folha de prova para a realização da análise sensorial

 <p><b>PRIMER</b> CHARCUTARIA-PRIMA</p> <p><small>TRADIÇÃO FAMILIAR — Desde 1961 —</small></p>	<p><b>Fiambre da Perna Extra</b> Com diferentes tempos totais de massagem e maturação</p>	<p>IDI.07 29/03</p>
<p>Nome: _____</p>		
<p>Prove cada um dos três produtos e indique a amostra que mais gostou e que menos apreciou para cada um dos seguintes atributos.</p> <p>Faça uma pausa entre cada uma das amostras que vai provar, passando a boca por água, mastigando um pouco de bolacha de água e sal e esperando pelo menos 1 minuto, de forma a garantir o desaparecimento de todos os sabores provenientes da amostra anterior.</p>		
Atributo	Amostra preferida	Amostra menos apreciada
Humidade		
Elasticidade		
Textura		
Sabor		
Observações		
<p>Globalmente, preferiu qual amostra? _____</p>		

#### Codificação:

132 - Fiambre com tempo total de massagem e maturação de  $t = -2h$

765 - Fiambre com tempo total de massagem e maturação de  $t = -1h$

947 - Fiambre com tempo total de massagem e maturação de  $t = h$  em vigor